

# THESES

présentées

à la Faculté des Sciences  
de l'Université de Lyon

pour obtenir

le titre de Docteur de l'Université de Lyon  
(*Chimie Biologique*)

par

Henry DÉEL

*Licencié es-Sciences Physiques*

---

1<sup>re</sup> *THESE* : Influence de la réaction absolue du sol  
sur la formation et la composition des  
essences végétales.

2<sup>me</sup> *THESE* : Proposition donnée par la faculté.

---

Soutenues le                      devant la commission d'examen

MM. BEAUVERIE, Président  
FROMAGEOT, Examinateur







# THESES

présentées

à la Faculté des Sciences  
de l'Université de Lyon

pour obtenir

le titre de Docteur de l'Université de Lyon  
(*Chimie Biologique*)

par

Henry DÉEL

*Licencié es-Sciences Physiques*

---

*1<sup>re</sup> THESE :* Influence de la réaction absolue du sol  
sur la formation et la composition des  
essences végétales.

*2<sup>me</sup> THESE :* Proposition donnée par la faculté.

---

*Soutenues le*

*devant la commission d'examen*

MM. BEAUVÉRIE, Président  
FROMAGEOT, Examinateur



# UNIVERSITÉ DE LYON - FACULTÉ DES SCIENCES

## DOYEN

M. GRIGNARD, O., \*,  I., , P. N., Membre de l'Institut.

## ASSESEUR

M. VANEY, \*,  I., .

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM. VESSIOT, O., \*,  I. ;  
GÉRARD, O., \*,  I.,  C. ;  
RIGOLLOT, \*,  I. ;  
OFFRET, \*,  I.,  ;  
COUTURIER, \*,  I.,  ;  
KœHLER, O., \*,  I., .

## PROFESSEURS TITULAIRES

MM. GRIGNARD, O., \*,  I., , P. N., Membre de l'Institut, *Chimie générale.*  
DULAC, \*,  I., *Calcul différentiel et intégral.*  
MASCART, \*,  I., , *Astronomie physique.*  
SIRE,  I., , *Mécanique rationnelle et appliquée.*  
MEUNIER, O., \*,  I., *Chimie industrielle.*  
BEAUVERIE, \*,  I., , *Botanique.*  
THOVERT, \*,  I., , *Physique.*  
CARDOT,  , *Physiologie générale et comparée.*  
VANEY, \*,  I., , *Zoologie.*  
LONGCHAMON, \*,  , *Minéralogie théorique et appliquée.*  
LOCQUIN, \*,  I., *Chimie générale.*  
ROMAN,  I., *Géologie.*  
DÉJARDIN,  , *Physique.*

## PROFESSEURS TITULAIRES (SANS CHAIRE)

MM. DOUIN,  , *Botanique.*  
LEMARCHANDS,  I., *Chimie industrielle.*  
EYRAUD,  , *Mathématiques.*

## MAITRES DE CONFÉRENCES ET CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

MM. SOLLAUD,  I., *Zoologie.*  
AUMÉRAS, *Chimie physique.*  
FROMAGEOT, *Chimie biologique.*  
BONNET,  I., *Zoologie appliquée et Zootechnie.*  
MAYET,  , \*,  I., *Anthropologie.*  
PELOSSE,  I., *Sériciculture.*  
DONCIEUX,  I., *P. C. N. supérieur.*  
SEYEWETZ, \*,  I., *Matières colorantes artificielles.*  
M<sup>lle</sup> BACHRACH,  I., *Physiologie.*  
MM. DARESTE DE LA CHAVANNE,  I., *Géologie.*  
DUFAY, *Astrophysique.*  
VIRET, *Etude des Roches.*

## SECRÉTAIRE

M<sup>me</sup> NETIEN, .



*A mon Président de Thèse*

**Monsieur le Professeur Beauverie**

*Respectueux hommages de  
profonde reconnaissance.*



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

# Première Thèse

---

Influence de la réaction absolue  
du sol sur la formation et la  
composition des essences  
végétales





# INTRODUCTION

L'étude des relations entre la nature du sol et la végétation a fait l'objet de très nombreux et très anciens travaux qui ont abouti à un certain nombre de théories que l'on peut ramener à deux groupes.

Pour les uns la nature du sol influe sur la végétation par sa composition chimique à l'exclusion ou à peu près d'autres facteurs.

UNGER (37 (\*)) par exemple fait jouer à la teneur des sols en calcaire ou en silice un rôle capital. Cette théorie aboutit à la classification des sols en sols calcaires et en sols siliceux et à la classification des plantes en plantes calcicoles et en plantes silicicoles selon leur affinité naturelle pour une de ces catégories de terrains.

Pour les autres la composition chimique du sol n'aurait pas l'influence prépondérante qu'UNGER lui attribue. Cette action serait due à la nature physique du sol.

THURMANN (36) par exemple classe les sols d'après leur mode de désagrégation et aboutit à la définition de roches eugeogènes à division facile en terre et sable et roches disgeogènes à division imparfaite. Ces textures conditionnent l'humidité d'une région et par suite sa fertilité. THURMANN rejette l'hypothèse de l'action chimique à l'aide de listes de plantes aberrantes au point de vue de la composition du sol. Cette opinion n'était cependant pas universellement admise et VALLOT (38) à la suite d'observations et d'expériences conclut que « l'action chimique est presque toujours prépondérante quoique les exceptions observées ne puissent pas plus être expliquées par l'humidité ou l'agréation du sol que par sa composition chimique ».

Plus tard Cl. ROUX (31) établit l'indifférence relative des plantes réputées silicicoles et calcicoles respectivement pour des terrains calcaires ou siliceux.

La théorie physique et la théorie chimique ne pouvaient donc ni l'une ni l'autre suffire à expliquer les phénomènes lorsqu'une observation de GILLOT (23) introduisit la notion de basicité relative des sols et des mesures d'acidité permettant une nouvelle classification des terrains. La mesure de l'acidité et de la basicité actuelle n'est devenue possible qu'à la suite des travaux de SORENSEN (34) qui a donné une définition précise de la réaction absolue et le moyen de la mesurer.

Depuis l'introduction de la notion de réaction absolue du sol il a paru sur cette question un très grand nombre de travaux pour la plupart étrangers, ayant trait soit à la définition de la réaction absolue des sols et à sa mesure soit à l'étude de l'influence de la réaction absolue sur quelques unes des propriétés du sol soit à des questions diverses de géographie botanique, de botanique générale, d'agronomie ou de microbiologie du sol.

Il nous a paru intéressant de contribuer à cette étude et de rechercher l'influence de la réaction absolue du sol sur la formation et la composition d'un certain nombre d'essences végétales. La culture des plantes à parfums dans les Alpes-Maritimes occupe une surface considérable et les conditions économiques de plus en plus dures imposent la recherche de tous les facteurs qui peuvent améliorer les rendements tant cultureux qu'industriels. Parmi ces facteurs, le choix judicieux des terrains et l'emploi raisonné des engrais en vue d'une culture déterminée sont d'importance primordiale.

Nous avons été conduit ainsi à étudier un certain nombre de sols différents s'étendant depuis la zone littorale jusqu'à une altitude de 800 mètres environ et appartenant à des formations géologiques très variées. Le présent travail, divisé en deux parties :

étude des sols,

étude de l'influence de ces sols sur les essences,

renferme le résultat de ces expériences et les conclusions qui en découlent.

(\*) Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie en fin du volume.



PREMIÈRE PARTIE

---

Etude des sols

---



## CHAPITRE I

### MÉTHODES DE MESURES

La réaction absolue d'une solution aqueuse est définie par le rapport de la teneur en ions  $H$  de cette solution à sa teneur en ions  $OH$ . Cette concentration s'exprime en ions grammes d'hydrogène ou d'oxydrile par litre. Le plus souvent on substitue à la valeur de la concentration en ions  $H$  une autre valeur que SÖRENSEN (34) appelle *exposant d'hydrogène* que l'on représente par le symbole  $Ph$  et qui est relié à la concentration  $h$  en ions  $H$  par la relation :

$$Ph = -\log_{10} h = \log_{10} \frac{1}{h}$$

Les méthodes proposées pour mesurer la concentration en ions  $H$  d'une solution sont très nombreuses, on peut les ramener à trois groupes :

- méthodes électrométriques ;
- méthodes colorimétriques ;
- méthodes chimiques.

#### MÉTHODE ÉLECTROMÉTRIQUE

NERNST (30) a montré que lorsqu'une lame de platine recouverte de noir de platine est placée dans une solution aqueuse acide, neutre ou alcaline, il s'établit entre la lame de platine et la solution une différence de potentiel donnée par la relation :

$$E = \frac{R}{F} T \cdot L \cdot \frac{P}{p}$$

dans laquelle :

- $E$  est la différence de potentiel en volts ;
- $R$  la constante des gaz ;
- $F$  96.400 coulombs ;
- $T$  la température absolue ;
- $L$  la base des logarithmes népériens ;
- $P$  la constante caractéristique du métal de l'électrode ;
- $p$  la pression osmotique de l'ion en solution qui correspond au métal de l'électrode.

Cette expression devient toutes réductions faites :

$$E = 0.0001984 \cdot T \log \frac{P}{p}$$

Pour effectuer la mesure de  $E$  il faut comparer l'électrode constituée par la lame de platine à une électrode connue.

Pour cette dernière électrode on a évidemment :

$$E' = 0.0001984 T \log \frac{P}{p_0}$$

d'où :

$$E - E' = 0.0001984 T \log \frac{p_0}{p}$$

et remplaçant les valeurs  $p$  et  $p_0$  par les concentrations correspondantes en ions  $H$  il vient :

$$E - E' = 0.0001984 \ T \log \frac{h_0}{h}$$

or comme :

$$h_0 = 1$$

et

$$- \log h = Ph$$

l'expression devient :

$$Ph = \frac{E - E'}{0.0001984 \ T}$$

La mesure de l'exposant  $H$  d'une solution se ramène donc à la mesure de la différence de potentiel aux bornes d'une pile.

Comme électrode de comparaison, on emploie l'électrode à hydrogène dont la construction a été minutieusement réglée par BJERRUM et SÖRENSEN (7).

L'électrode à hydrogène est d'un emploi très général, mais pour l'étude des sols elle présente un certain nombre d'inconvénients dont voici les principaux.

L'équilibre du potentiel est assez long à atteindre et pendant le passage du courant d'hydrogène il peut se produire des phénomènes secondaires modifiant la concentration ionique vraie de la solution. (34).

Les solutions contenant des carbonates et de l'acide carbonique sont difficiles à mesurer sauf dans le cas de liqueurs très acides où tout le gaz carbonique est chassé par le courant d'hydrogène ou de solutions très alcalines où le gaz carbonique n'est pas chassé du tout.

Les difficultés d'emploi de l'électrode à hydrogène en ont fait restreindre l'emploi, dans les laboratoires pédologiques, à des travaux très spéciaux, de très grande précision mais son emploi se prête mal à des déterminations rapides d'échantillons nombreux.

En 1920 BIILMANN (4) a montré que des quantités minimales de quinhydrone en solution suffisent pour établir un potentiel stable et bien défini, que ce potentiel est indépendant de la concentration de la solution en quinhydrone et dépend de la concentration en ions  $H$ .

Par conséquent si l'on constitue une pile au moyen de deux électrodes à quinhydrone renfermant des solutions de concentrations en ions  $H$  différentes  $h_1$  et  $h_2$  il s'établit aux bornes de la pile une différence de potentiel donnée par la relation :

$$\pi = E - E' = 0.0001984 \ T, \log \frac{h_1}{h_2}$$

or

$$Ph_1 = - \log C_1$$

d'où

$$Ph_2 = Ph_1 + \frac{\pi}{0.0001984 \ T}$$

la mesure du  $Ph_2$  dépend donc de la mesure de  $\pi$  et de la connaissance de  $Ph_1$ .

Comme électrode de comparaison de  $Ph$  connu, à la suite de nombreux travaux effectués dans son laboratoire, BIILMANN (5) conseille la solution de VEIBEL préparée en mélangeant 100 cc.  $HCl$   $N/10$  et 900 cc.  $KCl$   $N/10$  ; cette solution est assez stable et le potentiel de l'électrode suffisamment constant pour le travail d'une journée.

Le *Ph* de cette solution est de 2,03 d'après VEIBEL. C'est cette valeur que nous adoptons dans le cours de nos recherches.

Les avantages pratiques de l'électrode à quinhydronne sont très nombreux pour l'étude des sols ; un des principaux résulte de ce fait que l'électrode à quinhydronne atteint instantanément le potentiel qui correspond à l'acidité actuelle de la solution ce qui permet de réussir des mesures avant que la réaction entre la quinhydronne et les constituants de la solution examinée soit assez avancée pour influencer le potentiel.

BIILMANN et JENSEN (6) ont effectué une série de mesures pour déterminer l'influence du temps depuis lequel la quinhydronne est ajoutée à la suspension de sol sur le potentiel. Ils ne trouvent pas de différence appréciable comme le montrent les valeurs suivantes tirées de leur mémoire.

TABLEAU I

Quinhydronne ajoutée depuis :

| $\frac{1}{2}$ minute : | 15 minutes : | 4 heures : |
|------------------------|--------------|------------|
| <i>Ph</i>              | <i>Ph</i>    | <i>Ph</i>  |
| 7,13                   | 7,20         | 7,18       |
| 4,14                   | 4,14         | 4,13       |
| 5,59                   | 5,61         | 5,65       |
| 7,98                   | 8,02         | 7,92       |

Depuis les premiers travaux de BIILMANN et LUND, qui ont montré la possibilité d'employer l'électrode à quinhydronne à l'étude de l'acidité des sols, de très nombreux travaux ont paru sur cette question étudiant les conditions d'emploi et l'influence de diverses conditions expérimentales sur les résultats.

L'électrode à hydrogène étant considérée comme étalon, la première question à étudier était l'accord des résultats par les deux méthodes de mesures.

BIILMANN et JENSEN (6) donnent les résultats de leur étude de 75 sols danois avec un accord de 0,1 de la valeur du *Ph* comme le montre le tableau suivant emprunté à leur mémoire :

TABLEAU 2

| <i>électrode à hydrogène :</i> | <i>électrode à quinhydronne :</i> |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Ph</i>                      | <i>Ph</i>                         |
| 8,28                           | 8,28                              |
| 7,94                           | 7,90                              |
| 6,82                           | 6,74                              |
| 6,02                           | 6,10                              |
| 6,15                           | 6,14                              |

Ils constatent cependant que dans 7 cas l'écart atteint 0,2 de la valeur du *Ph*. Cinq de ces échantillons de sols furent examinés à nouveau avec les résultats suivants :

TABLEAU 3

| 1 <sup>re</sup> détermination : |                       | 2 <sup>e</sup> détermination : |                       |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <i>hydrogène :</i>              | <i>quinhydronne :</i> | <i>hydrogène :</i>             | <i>quinhydronne :</i> |
| <i>Ph</i>                       | <i>Ph</i>             | <i>Ph</i>                      | <i>Ph</i>             |
| 7,74                            | 6,73                  | 6,34                           | 6,38                  |
| 6,30                            | 6,62                  | 6,38                           | 6,65                  |
| 5,40                            | 5,96                  | 6,02                           | 6,04                  |
| 6,22                            | 7,28                  | 6,36                           | 6,44                  |
| 6,15                            | 6,53                  | 6,45                           | 6,50                  |

Il semble, concluent BILMANN et JENSEN, que les écarts soient dus au manque d'homogénéité des échantillons de scls.

CHRISTENSEN et JENSEN (18) obtiennent un très bon accord par les deux méthodes sur plus de deux cents sols danois. Les valeurs suivantes montrent l'ordre de grandeur des concordances qu'ils obtiennent.

TABLEAU 4

| sol : | électrode à hydrogène : | électrode à quinhhydrone : |
|-------|-------------------------|----------------------------|
|       | <i>Ph</i>               | <i>Ph</i>                  |
| 15594 | 8,42                    | 8,48                       |
| 6541  | 7,90                    | 7,95                       |
| 8912  | 7,44                    | 7,48                       |
| 15376 | 6,82                    | 6,80                       |
| 7441  | 6,62                    | 6,63                       |

Ils n'observent un désaccord très appréciable que pour des sols à *laterites* provenant de plantations de café de l'Afrique équatoriale. Les écarts atteignent parfois 1 et plus de la valeur du *Ph*.

TABLEAU 5

| sol : | électrode à hydrogène : | électrode à quinhhydrone : |
|-------|-------------------------|----------------------------|
|       | <i>Ph</i>               | <i>Ph</i>                  |
| 4     | 7,13                    | 8,64                       |
| 5     | 6,60                    | 8,25                       |
| 8     | 5,94                    | 7,82                       |

BRIOUX et PIEN (9) dans une étude de 37 sols provenant de la *Seine-Inférieure* et de la *Bretagne* obtiennent également une bonne concordance dans leurs résultats quoique moins bonne dans l'ensemble que celle des auteurs danois.

TABLEAU 6

| sol : | électrode à hydrogène : | électrode à quinhhydrone : |
|-------|-------------------------|----------------------------|
|       | <i>Ph</i>               | <i>Ph</i>                  |
| 1     | 5,7                     | 5,95                       |
| 4     | 4,9                     | 5,20                       |
| 10    | 5,15                    | 5,7                        |
| 25    | 5,5                     | 5,9                        |

Dans certains cas le désaccord atteint même 1,1 de la valeur du *Ph*.

Ces résultats expérimentaux montrent un accord très satisfaisant des mesures par les deux méthodes. Les désaccords observés proviennent dans bien des cas de différences de techniques employées lors de la mesure qui ont une influence sur la valeur du *Ph* que nous allons examiner dans les paragraphes suivants.

L'électrode à quinhhydrone peut donc être employée pour l'étude des sols ; les résultats qu'elle donne sont comparables avec ceux obtenus par l'électrode à hydrogène et sont comparables entre eux. La constance et la reproductibilité des mesures étant d'importance primordiale.

BILMANN et JENSEN (6) effectuent dix déterminations du même sol dans les mêmes conditions expérimentales et constatent un accord de 0,01 à 0,03 de la valeur du *Ph* comme le montre le tableau suivant :

TABLEAU 7

| <i>sol argileux :</i> |           | <i>sol sabloneux :</i> |           |
|-----------------------|-----------|------------------------|-----------|
| $\pi$                 | <i>Ph</i> | $\pi$                  | <i>Ph</i> |
| 0,209                 | 5,65      | 0,155                  | 4,72      |
| 0,208                 | 5,64      | 0,155                  | 4,72      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,155                  | 4,72      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,156                  | 4,73      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,155                  | 4,72      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,155                  | 4,72      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,156                  | 4,73      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,157                  | 4,75      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,157                  | 4,75      |
| 0,209                 | 5,65      | 0,156                  | 4,73      |

Pour que les mesures soient constantes et concordantes, il faut les effectuer au potentiel d'équilibre de la solution de sol. Nous avons vu que ce potentiel est indépendant de la quantité de quinhidrone ajoutée et du temps écoulé entre l'addition de quinhidrone et la mesure. Nous allons examiner les conditions d'équilibre entre le sol et l'eau qui permettent de définir un potentiel exact.

#### INFLUENCE DU TEMPS.

Dans la mesure électrométrique de la réaction du sol, ce qui est mesuré en réalité c'est la réaction de la portion de solution en contact avec l'électrode en platine. Cette détermination représente une caractéristique du sol étudié à un état d'équilibre entre le sol et l'eau. Il est par suite très important de déterminer à quel moment cet équilibre est atteint en fonction du temps.

BILMANN et JENSEN (6) opèrent dans les mêmes conditions de concentration et de température et effectuent une série de mesures en fonction du temps :

TABLEAU 8.

| temps 0 : | 15 minutes : | 25 minutes : | 1 heure : | 24 heures : |
|-----------|--------------|--------------|-----------|-------------|
| <i>Ph</i> | <i>Ph</i>    | <i>Ph</i>    | <i>Ph</i> | <i>Ph</i>   |
| 7,11      | 7,11         | 7,13         | 7,13      | 7,13        |
| 4,18      | 4,12         | 4,12         | 4,13      | 4,14        |
| 8,01      | 8,04         | 7,98         | 8,04      | 7,92        |
| 5,21      | 5,18         | 5,15         | 5,16      | 5,13        |
| 4,77      | 4,73         | 4,75         | 4,77      | 4,71        |

L'examen de ce tableau montre que l'équilibre est atteint immédiatement après agitation du mélange eau sol et que le temps de la macération n'a pas d'influence pratique sur la valeur du *Ph*.

CHRISTENSEN et JENSEN (18) arrivent à des conclusions analogues.

TABLEAU 9.

| <i>sol :</i> | <i>Ph immédiat :</i> | <i>Ph après 24 heures :</i> |
|--------------|----------------------|-----------------------------|
| 6593         | 8,18                 | 8,14                        |
| 6541         | 7,95                 | 7,93                        |
| 15578        | 7,72                 | 7,65                        |
| 8894         | 7,61                 | 7,62                        |
| 9716         | 7,38                 | 7,34                        |

BRIOUX et PIEN (10), dans leur étude sur les sols français, conseillent d'effectuer les mesures après une macération de 24 heures coupée de quelques agitations.

TABLEAU 10

*Ph après :*

| <i>sol :</i> | 3 minutes : | 3 heures : | 20 heures : | 24 heures : |
|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 2597         | 7,16        | 7,13       | 7,06        | 7,11        |
| 2598         | 6,51        | 6,55       | 6,50        | 6,49        |
| B            | 7,92        | 7,90       | 7,92        | 7,92        |

HISSINK et VAN DER SPEK (24) indiquent également comme préférable une macération préalable de 24 heures.

TABLEAU 11

*Ph après :*

| <i>sol :</i> | 15 minutes : | 30 minutes : | 45 minutes : | 75 minutes : | 24 heures : |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1138         | 6,88         | 6,82         | 6,75         | 6,72         | 6,41        |
| 801          | 5,70         | 5,64         | 5,62         | 5,60         | 5,54        |
| 900          | 3,51         | 3,54         | 3,53         | 3,53         | 3,45        |

Les variations du *Ph* semblent très faibles en fonction du temps mais ne sont pas négligeables pour atteindre l'équilibre du système, surtout par rapport à l'anhydride carbonique, ce qui amène à étudier si cette macération doit avoir lieu avec agitation ou non et en vase clos ou ouvert.

CHRISTENSEN et JENSEN (18) ont étudié ces conditions et arrivent aux conclusions suivantes :

TABLEAU 12

| <i>sol</i> | <i>après repos</i> | <i>après agitation</i> |
|------------|--------------------|------------------------|
|            | <i>Ph</i>          | <i>Ph</i>              |
| 9793       | 7,36               | 8,20                   |
| 9547       | 7,05               | 8,20                   |
| 9526       | 7,48               | 7,90                   |
| 9533       | 7,38               | 7,78                   |
| 9791       | 7,27               | 7,94                   |

Le *Ph* après agitation est constamment plus élevé que celui après macération et dépôt. Cette variation vers l'alcalinité semble due au départ de l'anhydride carbonique sous l'influence de l'agitation du mélange.

TABLEAU 13

| <i>sol</i> | <i>vase ouvert</i> | <i>vase clos</i> |
|------------|--------------------|------------------|
|            | <i>Ph</i>          | <i>Ph</i>        |
| 9793       | 7,36               | 7,66             |
| 9547       | 7,05               | 7,28             |
| 9526       | 7,48               | 7,50             |
| 9533       | 7,38               | 7,58             |
| 9791       | 7,27               | 7,67             |

Le *Ph* en vase clos est légèrement plus élevé que le *Ph* en vase ouvert dans le cas de suspension non agitée (cet écart est plus faible dans le cas de suspension agitée).

Il semble que le *Ph* vrai du sol soit celui en vase ouvert c'est-à-dire mesuré à la tension de l'anhydride carbonique atmosphérique. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point en étudiant l'influence de l'eau sur les macérations du sol (page 20.)

## INFLUENCE DE LA CONCENTRATION.

L'équilibre du système eau-sol peut dépendre également des proportions relatives de terre et d'eau en contact. On peut admettre que cet équilibre est atteint le plus rapidement lorsque la quantité d'eau utilisée est relativement la plus grande et que les particules de sol sont en contact plus intime avec le solvant.

L'influence de la concentration a été étudiée par différents auteurs qui arrivent aux conclusions suivantes :

HISSINK et VAN DER SPEK (24) observent les différences suivantes en fonction de la concentration :

TABLEAU 14

| <i>rapport sol eau</i> | <i>Ph</i> |
|------------------------|-----------|
| 1/1                    | 6,67      |
| 1/2                    | 6,98      |
| 1/4                    | 7,15      |
| 1/8                    | 7,33      |
| 1/16                   | 7,45      |
| 1/32                   | 7,30      |
| 1/62,5                 | 7,17      |
| 1/125                  | 6,97      |
| 1/250                  | 6,80      |
| 1/500                  | 6,61      |
| $\infty$ (eau seule)   | 6,06      |

La valeur du *Ph* n'est que faiblement influencée par la concentration. Ces auteurs conseillent d'employer systématiquement 5 grammes de sol pour 20 cc. d'eau c'est-à-dire le rapport 1/4 pour les mesures comparatives.

BARNETTE, HISSINK et VAN DER SPEK (2) sur des sols de Hollande obtiennent les valeurs suivantes :

TABLEAU 15

| <i>Concentration :</i> | 2,5 % | 7,5 % | 15 % | 25 % | 40 % |
|------------------------|-------|-------|------|------|------|
| <i>Ph</i>              | 4,03  | 4,09  | 4,05 | 4,03 | 3,99 |
|                        | 4,19  | 4,37  | 4,33 | 4,33 | 4,29 |
|                        | 3,64  | 3,72  | 3,83 | 4,16 | 4,08 |
|                        | 4,48  | 4,97  | 4,70 | 5,19 | 4,88 |

Ils concluent que les rapports sol eau les plus étroits c'est-à-dire les suspensions les plus épaisses donnent les résultats les plus constants. Du reste ces suspensions concentrées ressemblent davantage aux conditions naturelles du sol.

TERLIKOWSKI (35) obtient les résultats suivants :

TABLEAU 16

| <i>rapport sol eau</i> | <i>Ph</i> |      |      |      |
|------------------------|-----------|------|------|------|
| 2/1                    | 6,59      | 6,85 | 6,30 | 7,84 |
| 1/1                    | 6,69      | 6,98 | 6,45 | 7,94 |
| 1/2                    | 6,75      | 7,04 | 6,37 | 7,88 |
| 1/3                    | 6,76      | 7,04 | 6,39 | 7,79 |
| 1/4                    | 6,63      | 6,94 | 6,51 | 7,70 |
| 1/5                    | 6,79      | 7,04 | 6,49 | 7,70 |
| 1/6                    | 6,73      | 7,04 | 6,51 | 7,60 |
| 1/7                    | 6,68      | 7,04 | 6,59 | 7,54 |

Il conclut que la plus grande précision est obtenue pour les très fortes concentrations 2/1 ou 1/1.

BILMANN et JENSEN (6) ne trouvent pas non plus d'écarts très grands en fonction de la concentration, mais conseillent également d'effectuer les mesures dans le rapport de 1/1 du sol et de l'eau.

TABLEAU 17

| Concentration : 1/1 | 1/2  | 1/5  | 1/10 |
|---------------------|------|------|------|
| <i>Ph</i> 7,85      | 7,78 | 7,77 | 7,77 |
| 6,83                | 6,83 | 6,87 | 6,90 |
| 8,19                | 8,15 | 8,04 | 8,00 |
| 4,80                | 4,88 | 5,05 | 5,18 |

La deuxième commission de l'Association internationale de science du sol à la Session de *Groningue* en avril 1926 indique le rapport 1/2,5 (39).

## INFLUENCE DE LA DESSICATION DU SOL.

Pour les applications pratiques, il est très important de connaître l'influence que peut avoir la dessication à l'air des échantillons de sol sur le *Ph*.

La dessication à l'air élimine au moins partiellement l'anhydride carbonique et les acides volatils du sol et amène la transformation des bicarbonates en carbonates neutres ainsi que des modifications non réversibles des colloïdes du sol.

BILMANN et JENSEN (6) étudient cette influence avec les résultats suivants :

TABLEAU 18

| <i>sol</i> | <i>humide</i> | <i>séché à l'air</i> |
|------------|---------------|----------------------|
|            | <i>Ph</i>     | <i>Ph</i>            |
| 8102       | 7,81          | 7,75                 |
| 8153       | 7,34          | 7,34                 |
| 7251       | 8,34          | 8,23                 |
| 8193       | 5,23          | 5,29                 |

et concluent que la dessication à l'air n'a pas d'influence sur la valeur du *Ph*.

TERLIKOWSKI (35) pousse plus loin ses recherches et étudie l'influence de la dessication du sol à l'air entre 1 jour et 56 jours.

TABLEAU 19

| <i>mesures après</i> | <i>Ph</i> |      |
|----------------------|-----------|------|
| 2 jours              | 6,59      | 7,84 |
| 7 »                  | 6,39      | 7,79 |
| 14 »                 | 6,39      | 7,64 |
| 21 »                 | 6,39      | 7,73 |
| 28 »                 | 6,38      | 7,76 |
| 56 »                 | 6,59      | 7,67 |
|                      |           | 5,15 |
|                      |           | 5,61 |
|                      |           | —    |
|                      |           | 5,68 |
|                      |           | —    |
|                      |           | 5,16 |

Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment par ARRHENIUS (1) et par SAGER (34) qui n'avaient observé qu'une différence de 0,1 de la valeur du *Ph* entre un sol frais et le même sol séché au soleil.

CHODAT (17) par contre effectue ses déterminations le plus rapidement possible de 12 à 24 heures après le prélèvement.

Cette indifférence presque complète de la dessiccation sur le *Ph* a une importance pratique considérable. Elle permet d'abord d'effectuer les mesures au laboratoire après le transport d'échantillons dans des conditions quelconques d'emballage et de durée de transport, elle permet aussi des conditions de mesure mieux définies surtout au point de vue de la concentration.

### INFLUENCE DU MODE DE SÉPARATION DU SOL ET DE L'EAU.

Nous avons vu précédemment que les mesures sont d'autant plus exactes que le rapport entre le sol et l'eau est plus voisin de l'unité, c'est-à-dire que la mesure se fait dans une pâte épaisse et non dans un liquide. Il importe de savoir dans quelle « phase » de ce système les mesures doivent être effectuées ; à savoir la phase semi-solide de terre ou la phase liquide surnageante et, par suite, il importe de définir l'influence des divers modes de séparation de ces deux phases sur les mesures.

HISSINK et VAN DER SPEK (24) étudient comparativement le même sol en suspension aqueuse et après centrifugation. Ils arrivent aux résultats suivants :

TABLEAU 20

| <i>sol :</i> | <i>suspension :</i> | <i>centrifugation :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------------|
|              | <i>Ph</i>           | <i>Ph</i>               |
| 1138         | 6,48                | 6,78                    |
| 1299         | 6,02                | 6,56                    |
| 994          | 5,78                | 6,15                    |
| 801          | 5,43                | 5,85                    |
| 1875         | 4,22                | 4,50                    |

Les résultats obtenus après centrifugation sont donc constamment plus élevés que ceux trouvés dans les suspensions.

BRIOUX et PIEN (9) étudient comparativement les sols en suspension et après centrifugation de 37 échantillons de *Bretagne* et de la *Seine Inférieure*. Dans un certain nombre de cas, ils trouvent des valeurs identiques ou très voisines.

TABLEAU 21

| <i>sol :</i> | <i>suspension :</i> | <i>centrifugation :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------------|
|              | <i>Ph</i>           | <i>Ph</i>               |
| 5            | 5,35                | 5,2                     |
| 9            | 5,2                 | 5,2                     |
| 11           | 5,4                 | 5,4                     |
| 16           | 5,6                 | 5,5                     |
| 36           | 5,75                | 5,7                     |

Dans d'autres cas on trouve des valeurs différentes, le *Ph* des suspensions étant plus élevé que celui des centrifugations.

TABLEAU 22

| <i>sol :</i> | <i>suspension :</i> | <i>centrifugation :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------------|
|              | <i>Ph</i>           | <i>Ph</i>               |
| 3            | 6,05                | 5,85                    |
| 10           | 5,7                 | 5,15                    |
| 15           | 6,5                 | 5,9                     |
| 19           | 6,2                 | 5,2                     |

BARNETTE, HISSINK et VAN DER SPEK (2) étudient comparativement les suspensions, les filtrations sur papier et les filtrations sur bougie. Ils arrivent aux résultats suivants :

TABLEAU 23

|                          | <i>Ph</i> |      |      |
|--------------------------|-----------|------|------|
| <i>suspension :</i>      | 4,04      | 4,30 | 3,89 |
| <i>filtrat. papier :</i> | 4,47      | 4,67 | 5,02 |
| <i>filtrat. bougie :</i> | 4,61      | 4,77 | —    |
|                          |           |      | 4,88 |
|                          |           |      | 5,28 |
|                          |           |      | 5,02 |

Ils concluent que les filtrats à travers papier et bougie sont toujours moins acides que les suspensions correspondantes et que par suite les mesures ne peuvent pas être effectuées avec la même exactitude.

BIILMANN et JENSEN (6) effectuent une série de déterminations au moyen de deux électrodes placées l'une au fond du vase-électrode dans la masse de terre et d'eau, l'autre au-dessus dans le liquide surnageant.

TABLEAU 24

| <i>sol :</i> | <i>électrode infér. :</i> | <i>sélectrode supér. :</i> |
|--------------|---------------------------|----------------------------|
|              | <i>Ph</i>                 | <i>Ph</i>                  |
| 1            | 7,18                      | 7,23                       |
| 2            | 7,07                      | 7,07                       |
| 3            | 4,75                      | 4,78                       |
| 4            | 5,56                      | 5,58                       |

De l'ensemble de ces résultats on peut conclure que la vraie valeur du *Ph* est celle qui est donnée par la solution en équilibre en contact immédiat avec l'électrode de platine et que cet équilibre est d'autant plus constant que cette électrode est plus en contact avec les particules de terre. Il y a donc avantage, pour les mesures, à opérer uniquement sur des suspensions de sol en plongeant l'électrode le plus possible au contact du sol.

## INFLUENCE DE L'EAU.

Pour la préparation des suspensions de sol, il est indispensable d'employer l'eau distillée. Mais comme l'eau distillée contient nécessairement une certaine quantité de gaz carbonique en dissolution, il faut connaître l'influence de ce facteur sur les mesures.

CHRISTENSEN et JENSEN (18) conseillent l'emploi de l'eau distillée bouillie aérée par un courant d'air.

BIILMANN et JENSEN (6) étudient un certain nombre de suspensions de sol dans les conditions suivantes :

eau distillée bouillie ;

eau distillée en équilibre avec  $CO_2$  à la pression atmosphérique (1 mmgr. par litre) ;

eau distillée chargée en  $CO_2$  (17,2 mmgr. par litre).

Leurs résultats sont résumés ci-dessous :

TABLEAU 25

| <i>sol :</i> | <i>Ph avec</i>        |                      |                         |
|--------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|
|              | <i>eau bouillie :</i> | <i>eau à 1 mmgr.</i> | <i>eau à 17,2 mmgr.</i> |
| a            | 8,22                  | 8,22                 | 8,11                    |
| b            | 7,91                  | 7,89                 | 7,63                    |
| c            | 7,11                  | 7,09                 | 6,86                    |
| h            | 6,16                  | 6,19                 | 6,17                    |

Ces auteurs concluent qu'il faut effectuer les mesures avec de l'eau à la tension atmosphérique de  $CO_2$ . Cette condition est celle qui se rapproche le plus des conditions naturelles avec un sol séché à l'air.

## INFLUENCE DU CHLORURE DE POTASSIUM.

Dans les mesures électrométriques des suspensions de sol on a observé que l'addition de sels neutres change parfois considérablement le *Ph* vers la zone acide.

CHRISTENSEN et JENSEN (18) ont observé que le chlorure de potassium possède cette action à un très haut degré et, par suite dans les mesures, il est très important d'éviter la diffusion de ce sel à partir des tubes d'agar-agar dans les suspensions à mesurer.

BILMANN et JENSEN (6) étudient l'influence de doses croissantes de chlorure de potassium sur différents sols dans les mêmes autres conditions.

TABLEAU 26

| sol : | KCl       |           |           |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 0         | 0,0001 m  | 0,001 m   | 0,01 m    | 0,1 m     | 1 m       |
|       | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> |
| 5256  | 5,15      | 5,16      | 5,03      | 4,60      | 4,26      | 4,12      |
| 5340  | 6,80      | 6,80      | 6,65      | 6,30      | 5,96      | 5,73      |
| 5255  | 5,53      | 5,54      | 5,36      | 5,04      | 4,76      | 4,50      |

A la concentration de 0,0001 m ils n'ont pas constaté de changement appréciable, à la concentration de 0,001 m il y a déjà un déplacement vers la zone acide.

CHRISTENSEN et JENSEN (18) observent des variations du même sens et du même ordre de grandeur.

TABLEAU 27

| sol : | KCl       |           |           |           |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | 0         | N/400     | N/200     | N/100     | N/40      | N/10      | N 1,5     |
|       | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> |
| 10106 | 8,11      | 8         | 7,90      | 7,84      | 7,70      | 7,58      | 7,44      |
| 10087 | 7,94      | 7,60      | 7,60      | 7,42      | 7,50      | 7,33      | 7,25      |
| 10080 | 7,43      | 6,92      | 7,08      | 7,04      | 6,82      | 6,73      | 6,65      |
| 9391  | 7,26      | 7,10      | 6,78      | 6,68      | 6,60      | 6,52      | 6,34      |
| 10091 | 7,06      | 7,08      | 6,94      | 6,78      | 6,69      | 6,62      | 6,58      |

L'influence du chlorure de potassium s'exerce donc déjà à partir de solutions très diluées.

HISSINK et VEN DER SPEK (24) ont étudié quelle pouvait être l'influence sur les mesures du chlorure de potassium diffusé à partir des tubes d'agar-agar. Ils placent les siphons capillaires dans 20 cc. d'eau distillée et titrent les chlorures à l'azotate d'argent centinormal après 3 et 22 heures. La quantité de chlorure diffusé correspond à des solutions respectivement 0,0002 et 0,0005 N c'est-à-dire trop faibles pour influencer les mesures d'autant plus que les capillaires ne restent en contact avec les suspensions de sol que les quelques minutes nécessaires à la mesure.

## LIMITE DE L'EMPLOI DE L'ÉLECTRODE A QUINHYDRONE ET CAUSES D'ERREURS.

L'électrode à quinhydrone est d'un emploi très général. Nous avons vu son accord avec l'électrode à hydrogène et la possibilité de son emploi

dans des cas où cette dernière est inutilisable en particulier dans les cas où la teneur en  $CO_2$  du mélange varie pendant la mesure.

L'électrode à quinhydron convient pour les solutions aqueuses acides, neutres ou alcalines jusqu'à  $Ph$  8,5 environ. Dans les solutions alcalines l'erreur du potentiel peut atteindre plusieurs millivolts. Cependant dans beaucoup de cas pratiques cette exactitude suffira parce que l'échantillonnage des substances à déterminer ne permet pas de prétendre à une plus grande exactitude.

BIILMANN (5) a de plus montré que l'erreur de sel de l'électrode à quinhydron est très faible et que les nitrates alcalins n'ont pas d'action.

## DESCRIPTION DE LA MÉTHODE.

Comme conclusion des travaux précédents qui étudient l'influence des divers facteurs sur l'électrode à quinhydron nous nous sommes arrêtés à la technique suivante.

*Echantillonnage des sols.* — Nous nous attachons à prendre un échantillon aussi moyen que possible du sol à étudier. Comme nos recherches ont en vue une influence phytophysiologique nous prélevons nos sols dans le voisinage de la plante comme le conseille CHODAT (17). Il est important de prendre un nombre d'échantillons assez grand, les variations en surface du  $Ph$  n'étant pas négligeables. FROMAGEOT (21) a observé des écarts de 0,8 à 0,9 dans des sols travaillés en des points très voisins de régions apparemment homogènes.

Les échantillons mélangés et émiettés à la main sont tamisés au tamis ayant 10 fils au centimètre et abandonnés à la dessiccation spontanée à l'air.

Nous opérons sur des suspensions de sol dans l'eau distillée aérée après 24 heures de contact et remise en suspension du sol trois à quatre fois.

La quinhydron préparée d'après BIILMANN (5) est ajoutée immédiatement avant la mesure.

La suspension est au titre de 1 gr. de sol pour 2,5 gr. d'eau à la température ordinaire.

La valeur du  $Ph$  est calculée d'après la formule :

$$Ph_2 = Ph_1 + \frac{\pi}{0,0001984 T}$$

Pour les valeurs de  $Ph_1$ , nous adoptons l'étalon de VEIBEL de  $Ph$  2,03.

Pour les mesures de  $Ph_2$  nous employons comme vases électrodes des tubes à essai dans lesquels sont faites les suspensions raccordés avec l'électrode étalon par des siphons capillaires au chlorure de potassium saturé gélatiné à l'agar-agar et un vase intermédiaire au chlorure de potassium 3,5 N.

Pour les déterminations de  $\pi$  nous utilisons un potentiomètre à corde et curseur mobile sur une échelle graduée en demi-millivolts donnés par simple lecture, ce qui donne une approximation de 0,009 en  $Ph$ . Cet appareil est taré par rapport à un élément étalon WOESTON de 1,019 volt à 15° et un accumulateur de 2 volts.

Comme appareil de zéro nous employons un électromètre capillaire de LIPMANN monté sur un statif à oculaire micrométrique (POULENC).

## MÉTHODE COLORIMÉTRIQUE.

Les conditions d'application des méthodes colorimétriques ont été précisées par de nombreux auteurs. Un des facteurs les plus importants à

notre avis est l'influence du mode de séparation du sol et de l'eau. Les mesures électrométriques ne nécessitent pas cette séparation, les mesures colorimétriques au contraire obligent à avoir des solutions limpides et autant que possible incolores.

CHRISTENSEN et JENSEN (18) ont étudié sur plus de 200 sols danois l'accord entre les mesures électrométriques et les mesures colorimétriques avec les divers modes de séparation. Le tableau suivant donne un résumé de leurs résultats.

TABLEAU 28

| sol : | Ph électrométrique | Ph colorimétrique |              |                  |
|-------|--------------------|-------------------|--------------|------------------|
|       | suspension :       | suspension :      | filtration : | centrifugation : |
| 8965  | 8,38               | 7,6               | 7,6          | 7,3              |
| 8376  | 8,08               | 8,0               | 7,8          | 8,0              |
| 8756  | 7,19               | 7,0               | 7,0          | 7,2              |

L'accord est par suite très bon entre les diverses méthodes de séparation de la terre et de l'eau ainsi qu'entre les mesures colorimétriques et électrométriques.

HISSINK et VAN DER SPECK (24) comparent des sols par la méthode électrométrique et par la méthode colorimétrique à l'aide du colorimètre de VON GERRESTEN et des indicateurs de CLARK et LUBS en utilisant pour le calcul de chaque *Ph* la valeur du *Pk* de l'indicateur donnée soit par CLARK et LUBS soit par KOHLTOFF.

TABLEAU 29

| sol : | Ph électrométrique : | Ph colorimétrique : |          |
|-------|----------------------|---------------------|----------|
|       |                      | CLARK               | KOHLTOFF |
| 1138  | 6,78                 | 6,90                | 6,67     |
| 994   | 6,15                 | 6,19                | 6,25     |
| 1875  | 4,50                 | 4,60                | 4,50     |

Les conditions d'application de ces méthodes ont été principalement étudiées par l'école américaine.

Dans le cours de nos recherches nous n'avons jamais fait appel à ces méthodes, mais il était nécessaire de montrer l'accord des deux techniques pour permettre des conclusions comparatives entre nos résultats et ceux d'autres auteurs obtenus colorimétriquement principalement au sujet de l'action des solutions salines sur le sol.

## MÉTHODE CHIMIQUE.

Nous ne citerons que pour mémoire l'emploi des méthodes chimiques pour l'étude des suspensions de sol. Ces méthodes sont basées en général sur l'influence catalytique de la concentration en ions *H* d'une solution sur une vitesse de réaction.

Ces méthodes ne sont en général utilisables que pour des concentrations assez fortes ou des variations de concentration assez grandes en ions *H* et ne donnent de résultats concordants que dans le cas de solutions de sels simples.

Ces raisons nous ont fait abandonner à priori ce groupe de méthodes pour l'étude des sols.

## CHAPITRE II

### ÉTUDE DES TERRAINS.

Le but de nos recherches étant l'étude de l'influence du *Ph* du sol sur la formation et la composition d'un certain nombre d'essences végétales, tous les autres facteurs étant autant que possible identiques pour des cultures en pleine terre, il nous a été indispensable de disposer de champs d'expériences assez étendus de la même nature de sol présentant la même composition chimique initiale et le même *Ph*.

Les terrains que nous étudions ci-dessous proviennent de régions très diverses des Alpes Maritimes depuis la zone littorale jusqu'à une altitude de 800 mètres environ.

Nous avons été amenés à faire d'assez nombreux prélèvements de sol parmi lesquels nous en avons retenu un certain nombre pour nos expériences de culture. Les autres ont été éliminés pour des raisons pratiques de situation, d'irrigation, etc...

Les résultats de nos mesures électrométriques effectuées selon la technique décrite plus haut sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU 30.

| <i>sol.</i> | <i>Ph</i> |
|-------------|-----------|
| 1           | 8,06      |
| 2           | 7,72      |
| 3           | 7,65      |
| 4           | 7,45      |
| 5           | 7,42      |
| 6           | 7,97      |
| 7           | 8,09      |
| 8           | 7,88      |
| 9           | 7,87      |
| 10          | 7,86      |
| 11          | 8,13      |
| 12          | 7,72      |
| 13          | 8,19      |
| 14          | 8,07      |
| 15          | 8,04      |
| 16          | 8,31      |
| 17          | 7,89      |
| 18          | 7,33      |
| 19          | 7,82      |
| 20          | 7,74      |
| 21          | 6,89      |
| 22          | 7,48      |
| 23          | 7,46      |
| 24          | 7,46      |
| 25          | 7,56      |
| 26          | 7,61      |
| 27          | 7,24      |
| 28          | 7,53      |
| 29          | 7,44      |

|    |      |
|----|------|
| 30 | 7,68 |
| 31 | 7,38 |
| 32 | 7,46 |
| 33 | 7,83 |
| 34 | 7,81 |
| 35 | 7,91 |
| 36 | 8,04 |
| 37 | 7,62 |
| 38 | 7,87 |
| 39 | 7,75 |
| 40 | 7,45 |
| 41 | 7,79 |
| 42 | 7,81 |
| 43 | 7,56 |
| 44 | 8,10 |
| 45 | 7,24 |
| 46 | 7,56 |
| 47 | 7,60 |
| 48 | 7,72 |
| 49 | 7,69 |
| 50 | 7,34 |
| 51 | 8,00 |
| 52 | 8,29 |
| 53 | 7,55 |
| 54 | 7,64 |
| 55 | 8,07 |
| 56 | 7,34 |
| 57 | 7,98 |
| 58 | 7,35 |
| 59 | 7,68 |
| 60 | 7,68 |
| 61 | 7,86 |
| 62 | 7,72 |
| 63 | 7,58 |
| 64 | 7,59 |
| 65 | 5,82 |
| 66 | 7,61 |
| 67 | 7,71 |
| 68 | 5,77 |
| 69 | 7,62 |
| 70 | 7,34 |
| 71 | 7,34 |
| 72 | 6,27 |
| 73 | 7,29 |
| 74 | 7,45 |
| 75 | 7,47 |
| 76 | 7,53 |
| 77 | 5,88 |
| 78 | 7,64 |
| 79 | 7,46 |
| 80 | 7,02 |
| 81 | 6,86 |
| 82 | 6,80 |
| 83 | 7,18 |
| 84 | 7,66 |
| 85 | 7,14 |

|     |      |
|-----|------|
| 86  | 7,68 |
| 87  | 7,02 |
| 88  | 7,12 |
| 89  | 7,28 |
| 90  | 7,39 |
| 91  | 7,39 |
| 92  | 6,79 |
| 93  | 7,22 |
| 94  | 7,40 |
| 95  | 7,71 |
| 96  | 6,97 |
| 97  | 6,69 |
| 98  | 6,97 |
| 99  | 6,93 |
| 100 | 7,03 |
| 101 | 6,96 |
| 102 | 6,99 |
| 103 | 7,15 |
| 104 | 7,18 |
| 105 | 7,02 |
| 106 | 7,40 |
| 107 | 6,25 |
| 108 | 7,34 |
| 109 | 6,64 |
| 110 | 4,92 |
| 111 | 5,49 |
| 112 | 7,74 |
| 113 | 5,53 |
| 114 | 5,80 |
| 115 | 6,42 |
| 116 | 7,34 |
| 117 | 7,82 |

L'examen de ce tableau montre que les valeurs de *Ph* sont comprises entre 4,9 et 8,3 le plus grand nombre étant entre 7 et 8. Ces résultats sont à rapprocher de ceux de BRIOUX et PIEN qui obtiennent des valeurs entre 3,85 et 7,65 pour des sols de Bretagne et de la Seine-Inférieure. Au cours de nos mesures nous n'avons jamais rencontré de sols naturels aussi acides mais par contre nous en avons très souvent rencontré de plus alcalins.

Nous avons par suite une marge beaucoup plus étendue de valeurs de *Ph* dans la région que nous étudions

Le but de nos recherches étant l'étude de l'influence du *Ph* sur la formation et la composition d'un certain nombre d'essences végétales nous imposait de plus de conduire nos expériences dans des sols dont la composition chimique et la nature physique ne s'écartent pas trop des conditions reconnues comme favorables par les expériences antérieures. Du fait de conditions culturales défavorables parmi lesquelles nous citerons l'exposition ou les difficultés d'irrigation nous avons éliminé un certain nombre de sols.

Les sols restants ont été étudiés d'abord au point de vue physique. Cette étude portant sur 42 échantillons nous en a fait éliminer 17.

Les 25 restants ont été analysés pour fixer leur teneur en principes fertilisants d'après les conventions des Stations agronomiques.

Les résultats de ces analyses sont résumés dans les tableaux suivants.

TABLEAU 31.

| <i>sol :</i>                       | 70     | 71     | 56     | 52      | 74      |
|------------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| <i>N</i>                           | 2,408  | 2,268  | 0,980  | 1,904   | 0,700   |
| <i>P<sup>2</sup> O<sup>5</sup></i> | 2,007  | 0,722  | 0,121  | 0,979   | 0,970   |
| <i>K<sup>2</sup> O</i>             | 1,351  | 4,946  | 0,116  | 4,433   | 2,869   |
| <i>Ca O</i>                        | 95,200 | 96,600 | 10,640 | 358,400 | 109,200 |
| <i>Mg O</i>                        | 30,434 | 18,822 | 2,344  | 2,186   | 1,771   |
| <i>Fe</i>                          | 44,800 | 29,680 | 20,384 | 8,624   | 18,256  |

TABLEAU 32.

| <i>sol :</i>                       | 90     | 91     | 76      | 53      | 69      |
|------------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| <i>N</i>                           | 0,644  | 0,595  | 1,092   | 1,652   | 2,324   |
| <i>P<sup>2</sup> O<sup>5</sup></i> | 0,840  | 0,380  | 0,614   | 0,796   | 0,135   |
| <i>K<sup>2</sup> O</i>             | 1,980  | 0,932  | 1,659   | 5,114   | 2,086   |
| <i>Ca O</i>                        | 15,400 | 16,800 | 108,640 | 165,200 | 110,880 |
| <i>Mg O</i>                        | 1,353  | 2,492  | 1,493   | 5,461   | 25,042  |
| <i>Fe</i>                          | 28     | 25,76  | 17,696  | 15,904  | 38,752  |

TABLEAU 33.

| <i>sol :</i>                       | 64     | 78     | 33      | 61      | 77     |
|------------------------------------|--------|--------|---------|---------|--------|
| <i>N</i>                           | 1,792  | 1,316  | 1,096   | 2,100   | 1,904  |
| <i>P<sup>2</sup> O<sup>5</sup></i> | 0,570  | 3,011  | 0,821   | 0,133   | 2,047  |
| <i>K<sup>2</sup> O</i>             | 6,515  | 3,064  | 2,006   | 3,158   | 3,152  |
| <i>Ca O</i>                        | 59,360 | 19,320 | 129,459 | 107,800 | 77,420 |
| <i>Mg O</i>                        | 5,615  | 2,554  | 23,145  | 17,499  | 4,700  |
| <i>Fe</i>                          | 43,568 | 28,100 | 8,871   | 28,336  | 23,520 |

TABLEAU 34.

| <i>sol :</i>                       | 65     | 68     | 92     | 82     | 81     |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>N</i>                           | 2,072  | 1,764  | 1,176  | 0,868  | 1,204  |
| <i>P<sup>2</sup> O<sup>5</sup></i> | 0,135  | 1,090  | 2,375  | 2,064  | 1,575  |
| <i>K<sup>2</sup> O</i>             | 2,696  | 1,735  | 1,384  | 7,251  | 1,280  |
| <i>Ca O</i>                        | 50,400 | 92,400 | traces | traces | 179,48 |
| <i>Mg O</i>                        | 8,016  | 3,652  | 9,083  | 5,938  | 10,329 |
| <i>Fe</i>                          | 40,208 | 20,608 | 39,20  | 26,736 | 38,08  |

TABLEAU 35.

| <i>sol :</i>                       | 83     | 93     | 58      | 94     | 73      |
|------------------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|
| <i>N</i>                           | 1,176  | 1,660  | 2,408   | 0,700  | 1,876   |
| <i>P<sup>2</sup> O<sup>5</sup></i> | 1,333  | 4,364  | 3,839   | 0,937  | 0,459   |
| <i>K<sup>2</sup> O</i>             | 4,148  | 2,302  | 5,300   | 1,178  | 3,858   |
| <i>Ca O</i>                        | 29,68  | 85,400 | 193,200 | 189,84 | 101,640 |
| <i>Mg O</i>                        | 7,49   | 2,400  | 4,414   | 3,969  | 1,997   |
| <i>Fe</i>                          | 24,640 | 38,976 | 15,120  | 17,36  | 19,712  |

L'examen de ces tableaux montre des différences de composition parfois considérables cependant un certain nombre de ces sols se rapprochent de la terre franche, condition à laquelle nous tenions *a priori*.

L'examen de ces tableaux montre de plus une indépendance complète entre le *Ph* et la composition chimique du sol telle qu'elle est donnée par les méthodes officielles.

Le voisinage de la valeur du *Ph* de deux sols n'entraîne pas le voisinage de composition mais seulement une parenté physico-chimique qui permet une nouvelle classification des sols et par suite d'autres conclusions agronomiques.



## CHAPITRE III

### ÉTUDE DES ENGRAIS.

Les sols naturels que nous avons étudiés plus haut nous donnent une échelle assez étendue des valeurs du *Ph*, mais les différences sensibles de composition qu'ils présentent empêchent les résultats d'être comparables et imputables à la seule variation du *Ph*. Il nous était donc indispensable de savoir *s'il était possible de modifier le Ph du sol par addition convenable d'engrais en maintenant constante la composition d'un même sol.*

Nous nous sommes adressé uniquement aux engrais du commerce analysés avant l'emploi. Nous avons utilisé les produits suivants :

#### *engrais azotés :*

nitrate de soude à 14,21 % d'azote nitrique ;  
nitrate de chaux à 12,39 % d'azote nitrique ;  
nitrate d'ammoniaque à 16,62 % d'azote nitrique ;  
17,10 % d'azote ammoniacal ;  
chlorhydrate d'ammoniaque à 23,80 % d'azote ammoniacal ;  
sulfate d'ammoniaque à 17,47 % d'azote ammoniacal ;  
sang desséché à 13,73 % d'azote organique

auxquels il convient d'ajouter les engrais mixtes suivants :

phosphate d'ammoniaque à 21,16 % d'acide phosphorique ;  
21,04 % d'azote ammoniacal ;  
nitrate de potasse à 13,20 % d'azote nitrique ;  
44,6 % de potasse.

#### *engrais phosphatés :*

superphosphate de chaux à 15,12 % de  $P^2 O^5$  soluble ;  
phosphate minéral à 26,34 % de  $P^2 O^5$  total.

#### *engrais potassiques :*

chlorure de potassium à 49,73 % de potasse ;  
sulfate de potasse à 48,13 % de potasse ;  
Kainite à 12,43 % de potasse ;  
carbonate de potasse à 54,60 % de potasse.

Nous examinerons successivement l'action d'un seul de ces éléments sur le *Ph* du sol et l'action d'un engrais complet contenant azote, acide phosphorique et potasse.

### ENGRAIS SIMPLES.

Nous avons étudié l'action de chacun des éléments précédents sur un grand nombre de sols à des doses variables comprises entre les limites habituelles des fumures. Pour l'interprétation des résultats nous exposons ci-dessous nos expériences sur 5 sols de *Ph* décroissant et de teneur en chaux totale décroissant comme le *Ph* (cf Tableau 30 et 31 à 35).

Pour les quantités d'engrais nous employons celles indiquées par CHARABOT et HÉBERT dans leurs expériences sur la Menthe, c'est-à-dire 500 kg. à l'Ha de chacun des sels de sodium et des quantités équimoléculaires des autres sels.

Nous obtenons les résultats suivants :

#### NITRATE DE SOUDE.

TABLEAU 36.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 52           | 8,29                | 7,61              | 0,68                |
| 61           | 7,86                | 7,21              | 0,65                |
| 78           | 7,64                | 7,12              | 0,52                |
| 56           | 7,34                | 6,81              | 0,53                |
| 82           | 6,80                | 6,55              | 0,25                |

Le nitrate de soude acidifie légèrement les sols et ceci d'autant plus que le *Ph* initial est plus élevé ainsi que la teneur en chaux totale.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par BILMANN et JENSEN (6) qui obtiennent des différences du même sens et du même ordre de grandeur (*cf.* page 64).

#### NITRATE D'AMMONIAQUE

TABLEAU 37.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 52           | 8,29                | 7,75              | 0,54                |
| 61           | 7,86                | 7,18              | 0,68                |
| 78           | 7,64                | 6,98              | 0,66                |
| 56           | 7,34                | 6,75              | 0,59                |
| 82           | 6,80                | 6,18              | 0,62                |

Le nitrate d'ammoniaque acidifie les sols d'une quantité assez constante et relativement indépendante du *Ph* initial et de la teneur en chaux totale du sol.

#### NITRATE DE POTASSE.

TABLEAU 38.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 52           | 8,29                | 5,74              | 2,55                |
| 61           | 7,86                | 5,64              | 2,22                |
| 78           | 7,64                | 5,56              | 2,08                |
| 56           | 7,34                | 5,52              | 1,82                |
| 82           | 6,80                | 5,33              | 1,47                |

Le nitrate de potasse acidifie très fortement les sols. Le *Ph* final est assez constant et indépendant du *Ph* initial et de la teneur en chaux du sol.

#### SULFATE DE POTASSE.

TABLEAU 39.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 52           | 8,29                | 7,13              | 1,16                |
| 61           | 7,86                | 6,89              | 0,97                |
| 78           | 7,64                | 6,76              | 0,88                |
| 56           | 7,34                | 6,66              | 0,68                |
| 82           | 6,80                | 6,26              | 0,54                |

Le sulfate de potasse acidifie assez fortement les sols d'autant plus que le *Ph* initial est plus élevé et la teneur en chaux plus grande.

# CHLORHYDRATE D'AMMONIAQUE.

TABLEAU 40.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 52           | 8,29                | 5,31              | 2,98                |
| 61           | 7,86                | 5,47              | 2,39                |
| 78           | 7,64                | 5,66              | 1,98                |
| 56           | 7,34                | 5,72              | 1,62                |
| 82           | 6,80                | 5,82              | 0,98                |

Le chlorhydrate d'ammoniaque acidifie très fortement les sols d'autant plus que le *Ph* initial est plus élevé et le sol plus riche en chaux.

# SULFATE DE SOUDE.

TABLEAU 41.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 52           | 8,29                | 8,31              | 0,02                |
| 61           | 7,86                | 7,82              | 0,04                |
| 78           | 7,64                | 7,63              | 0,01                |
| 56           | 7,34                | 7,35              | 0,01                |
| 82           | 6,80                | 6,79              | 0,01                |

Le sulfate de soude est indifférent sur le *Ph* du sol.

Nous donnons les résultats concernant ce sel parce qu'il a été utilisé par CHARABOT et HÉBERT bien qu'il ne puisse pas être considéré à proprement parler comme un engrais.

# KAINITE.

TABLEAU 42.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 52           | 8,29                | 8,49              | 0,20                |
| 61           | 7,86                | 8,28              | 0,42                |
| 78           | 7,64                | 8,17              | 0,53                |
| 56           | 7,34                | 7,93              | 0,59                |
| 82           | 6,80                | 7,87              | 1,07                |

La kainite alcalinise les sols d'autant plus qu'ils sont plus acides et que leur teneur en chaux est plus faible.

L'examen de ces tableaux montre l'action de quelques engrais sur un certain nombre de sols et la possibilité de modifier le *Ph* du sol dans un sens voulu dans des limites comprises entre 5,3 et 8,9.

Les résultats que nous citons se rapportent à des sols de catégories différentes pour leur *Ph*. et leur teneur en chaux. Les résultats sont identiques pour tous les sols que nous avons étudiés. Les exemples cités renferment, du reste, les deux cas extrêmes de sols cultivables les sols 52 et 82.

Les variations de la quantité de principes fertilisants employés ont peu d'action sur le *Ph* aux doses culturales qui sont toutes (nous nous en sommes assurés) en dehors des limites du pouvoir tampon des sols vis-à-vis de ces électrolytes.

L'addition d'un seul élément fertilisant au sol ne modifie pas le *Ph* dans des limites très étendues et de plus cette application est limitée aux cas très particuliers où un seul élément fertilisant est nécessaire.

Nous allons étudier l'influence des engrais complets sur le *Ph* du sol et constater que dans ce cas l'échelle des variations est beaucoup plus étendue.

## ENGRAIS COMPOSÉS.

Sous le nom d'engrais composés, nous comprenons le mélange en proportions variables d'engrais azotés, phosphatés, et potassiques.

Le nombre des mélanges réalisables à partir des quelques constituants que nous citons en tête de ce chapitre est considérable. Nous avons dû nous borner aux mélanges correspondants aux exports des cultures que nous étudions dans la seconde partie de ce travail et qui sont indiqués pour chacune d'elles.

Nous avons été amenés, de ce fait, à effectuer un très grand nombre de déterminations en étudiant l'action de ces différents mélanges sur les sols dont nous disposions.

Il serait fastidieux de donner tous les résultats numériques obtenus, nous nous bornerons à quelques exemples.

### MÉLANGE N° 1.

Le mélange renferme :

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| nitrate de soude .....        | 743 kg.         |
| superphosphate de chaux ..... | 320 kg.         |
| chlorure de potassium .....   | 264 kg. à l'Ha. |

son influence sur le *Ph* de différents sols est la suivante :

TABLEAU 43.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 56           | 7,34                | 6,46              | 0,88                |
| 61           | 7,86                | 7,04              | 0,82                |
| 77           | 5,88                | 4,92              | 0,96                |
| 71           | 7,34                | 6,52              | 0,82                |
| 90           | 7,39                | 6,61              | 0,78                |

Ce mélange acidifie les sols d'une quantité assez constante et plus élevée que le nitrate de soude seul sur les mêmes sols comme le montre la comparaison avec le tableau 36 (page 30).

### MÉLANGE N° 2.

Le mélange renferme :

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| sulfate d'ammoniaque .....    | 612 kg.         |
| superphosphate de chaux ..... | 320 kg.         |
| sulfate de potasse.....       | 275 kg. à l'Ha. |

son action sur le *Ph* des différents sols est résumée ci-dessous :

TABLEAU 44.

| <i>sol :</i> | <i>Ph initial :</i> | <i>Ph final :</i> | <i>différence :</i> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 56           | 7,34                | 5,74              | 1,60                |
| 61           | 7,86                | 6,41              | 1,45                |
| 77           | 5,88                | 4,16              | 1,72                |
| 71           | 7,34                | 5,62              | 1,72                |
| 90           | 7,39                | 5,95              | 1,44                |

Ce mélange acidifie fortement le sol d'une quantité assez constante et bien supérieure à celle que donne le sulfate de potasse ou le sulfate d'ammoniaque employés seuls (Tableau 39, page 30).

### MÉLANGE N° 3

Le mélange renferme :

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| sang desséché.....            | 744 kg.         |
| superphosphate de chaux ..... | 320 kg.         |
| sulfate de potasse.....       | 275 kg. à l'Ha. |

son action sur le *Ph* du sol est la suivante :

TABLEAU 45

| <i>sol</i> : | <i>Ph initial</i> : | <i>Ph final</i> : | <i>différence</i> : |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 56           | 7,34                | 4,92              | 2,42                |
| 61           | 7,86                | 5,43              | 2,43                |
| 77           | 5,88                | 3,45              | 2,43                |
| 71           | 7,34                | 4,92              | 2,42                |
| 90           | 7,39                | 4,99              | 2,40                |

Ce mélange acidifie très fortement les sols d'une valeur très constante et beaucoup plus élevée que le sulfate de potasse employé seul.

### MÉLANGE N° 4

Le mélange renferme :

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| nitrate de soude .....        | 372 kg.         |
| sang desséché.....            | 372 kg.         |
| superphosphate de chaux ..... | 320 kg.         |
| chlorure de potassium .....   | 264 kg. à l'Ha. |

son action sur le sol est la suivante :

TABLEAU 46

| <i>sol</i> : | <i>Ph initial</i> : | <i>Ph final</i> : | <i>différence</i> : |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 56           | 7,34                | 6,84              | 0,50                |
| 61           | 7,86                | 7,35              | 0,51                |
| 77           | 5,88                | 5,40              | 0,48                |
| 71           | 7,34                | 6,90              | 0,44                |
| 90           | 7,39                | 6,89              | 0,50                |

Ce mélange acidifie légèrement les sols d'une quantité sensiblement égale à celle du nitrate de soude employé seul. (Tableau 36, page 30).

### MÉLANGE N° 5

Le mélange renferme :

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| sulfate d'ammoniaque ..... | 306 kg.         |
| sang desséché.....         | 372 kg.         |
| phosphate minéral .....    | 185 kg.         |
| carbonate de potasse ..... | 240 kg. à l'Ha. |

son action sur le sol est la suivante :

TABLEAU 47

| <i>sol</i> : | <i>Ph initial</i> : | <i>Ph final</i> : | <i>différence</i> : |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 56           | 7,34                | 8,22              | 0,88                |
| 61           | 7,86                | 8,63              | 0,77                |
| 77           | 5,88                | 6,96              | 1,08                |
| 71           | 7,34                | 8,21              | 0,87                |
| 90           | 7,39                | 8,31              | 0,92                |

Ce mélange alcalinise assez fortement les sols. L'influence acidifiante du sulfate d'ammoniaque et du sang desséché est compensée par l'alcalinité du carbonate de potasse et l'indifférence du phosphate minéral.

L'examen de ces tableaux montre que des mélanges contenant la même quantité de principes actifs c'est-à-dire,

azote..... 37<sup>14</sup>  
 acide phosphorique..... 33<sup>8</sup>  
 potasse..... 14<sup>04</sup>  
 molécules grammes à l'Ha. confèrent à un même sol des Ph très différents et permettent par suite d'obtenir une gamme de sols présentant la même composition minérale et ne différant que par le Ph.

Le sol 71 par exemple qui nous a servi de terrain d'expérience pour le géranium donne l'échelle suivante de valeurs de Ph :

TABLEAU 48

|            |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|
| mélanges : | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Ph         | 6,52 | 5,62 | 4,92 | 6,90 | 8,21 |

L'essai d'autres mélanges nous a donné des valeurs comprises entre les limites ci-dessus et plus ou moins voisines de ces valeurs. Nous nous sommes borné aux valeurs précédentes qui sont assez différentes et assez espacées et dans l'impossibilité de multiplier à l'infini les parcelles d'expériences.

Des essais analogues en prenant pour titre des mélanges les exports des autres cultures sur les terres en expérience nous ont permis de préciser les Ph des sols qui sont indiqués en tête de chaque monographie.

DEUXIÈME PARTIE

---

Etude des essences

---



## CHAPITRE I

### MÉTHODES DE CULTURES

Les essences végétales sont des mélanges excessivement complexes de composés organiques qui jouent au point de vue du parfum des rôles d'inégale importance.

La composition qualitative et quantitative des essences varie non seulement avec la plante mais pour une même plante avec l'évolution de sa végétation.

La formation des essences est sous la dépendance de facteurs très nombreux et très variés. L'étude de ces facteurs a fait l'objet de nombreux travaux qui ont montré l'importance relative de la lumière, de la chaleur, de l'humidité et de la nature du sol.

G. BONNIER (8) a établi par exemple que l'humidité de l'air et l'éclairement entraînent les plus grandes modifications anatomiques et que les phénomènes chlorophylliens dépendent de ce facteur.

CHARABOT et HEBERT (11) opèrent sur la Menthe poivrée et modifient la composition des Essences en ajoutant au sol des sels minéraux. Nous aurons l'occasion de reparler de leurs travaux dans l'étude monographique de chaque Essence.

Dans le cours de nos recherches nous nous sommes astreint à éliminer autant que possible ces divers facteurs en opérant pour une culture donnée exactement dans les mêmes conditions climatiques et météorologiques la seule variable étant le *Ph* du sol.

Nos champs d'expériences ont été choisis d'une étendue homogène suffisante pour que les divers lots qui les constituent nous donnent des récoltes et des rendements sinon industriels du moins mesurables et traitables par les méthodes industrielles.

Voici à titre d'exemples quelques chiffres de nos essais :

#### I. — Culture de Menthe

|                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| surface cultivée .....        | 174 m <sup>2</sup> |
| poids de plantes obtenu ..... | 207,800 kg.        |
| poids d'essence obtenu.....   | 0,580 kg.          |

#### II. — Culture de Sauge sclérée

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| surface cultivée .....       | 240 m <sup>2</sup> |
| poids de plante obtenu.....  | 488,6 kg.          |
| poids d'essence obtenu ..... | 0,791 kg.          |

Les parcelles cultivées nous donnent donc des rendements en plantes et en essence très appréciables et la quantité d'essence obtenue a toujours été plus que suffisante pour l'analyse.

Nos cultures sont donc des cultures de pleine terre et par cela même soumises aux aléas météorologiques et autres de ce genre d'expériences. Malgré les déboires inévitables dus au parasitisme à diverses maladies ou à des accidents de culture qui nous ont fait recommencer des séries d'expériences nous avons préféré la culture en pleine terre à la culture en bacs.

Ce procédé de culture malgré son apparente précision scientifique plus grande parce qu'il permet une meilleure surveillance des conditions culturales nous a semblé mal correspondre au but que nous poursuivons qui

est une étude pratique. La culture en bacs place les plantes dans des conditions artificielles, les récoltes et les rendements sont souvent dérisoires.

Un bac de 1 mètre carré par exemple cultivé en menthe nous aurait donné 1 kg. 53 de plante et 3 gr. d'essence, quantité insuffisante pour les analyses.

Les travaux de CHARABOT et de ses collaborateurs ont montré l'influence prédominante des engrais sur la formation et la composition de certaines essences. Nous avons établi dans la première partie de ce travail l'influence des engrais sur le *Ph* du sol, nous avons vu qu'il est possible d'obtenir pour un sol donné une gamme très étendue des valeurs de *Ph*. la nature de l'engrais est par suite définie. Pour déterminer la quantité à employer dans un sol donné et pour une culture déterminée nous admettons a priori la loi de restitution, c'est-à-dire que nous ajoutons intégralement au sol au moment opportun la totalité des éléments fertilisants emportés par la récolte considérant comme négligeable la quantité qui existe dans le sol.

Il nous a par suite fallu nous livrer au travail préliminaire de déterminer les exigences de nos cultures. A cet effet nous avons choisi dans les cultures de la région en bon état de végétation et dans des sols variés un certain nombre de plants formant un lot moyen qui a été analysé.

Pour chaque plante nous dosons :

l'azote total au Kjeldhal,

l'acide phosphorique (sur les cendres obtenues avec les précautions habituelles) par la méthode citro-magnésienne.

la potasse également sur les cendres au cobaltinitrite de sodium.

la chaux (sur les cendres) après précipitation à l'état d'oxalate de calcium et titrage au permanganate.

Les résultats obtenus sont exprimés pour 1000 de végétaux verts et rapportés à l'Ha. en molécules grammes de  $N^2$ ,  $P^2O^5$ ,  $K^2O$  et  $CaO$ .

Les résultats de nos analyses sont reproduits à l'étude de chaque essence.

Les engrais sont ajoutés au sol aux époques habituelles.

Nos plantations proviennent toujours de plantes déjà cultivées dans la région, les graines autant que possible d'une même plante et les boutures du minimum de plantes pour obtenir des lignées homogènes.

Les germinations ou bouturages sont faits en coffres et les plantations définitives sont repiquées.

Les récoltes sont faites pour chaque lot au même moment de la végétation et chaque lot est distillé à part.

Pour l'étude des essences deux méthodes s'offraient à nous : la méthode chimique sur l'essence recueillie après traitement des plantes ou la méthode microchimique. C'est vers la première que sont allées nos préférences. En effet nous avons toujours disposé de quantités d'essence suffisantes pour doser les constituants chimiques les plus importants et pour déterminer les constantes physiques permettant des comparaisons soit entre nos différents lots soit avec les résultats obtenus par différents auteurs. La méthode microchimique qui a été employée avec succès par BAUDRY (3) permet une étude très précise de la localisation des essences dans des coupes de certains organes végétaux et la caractérisation d'un certain nombre de constituants mais n'en permet pas le dosage.

A l'heure actuelle il n'est pas possible d'établir une relation entre la composition d'une essence et la place de la plante dans la classification. Dans les pages qui suivent nous avons adopté la classification chimique pour nos essences en envisageant le constituant principal : alcool, éther sel, aldéhyde, cétone ou phénol.

## CHAPITRE II

### ESSENCES A ALCOOL PRIMAIRE

#### I. — ESSENCE DE GÉRANIUM.

Les géraniums qui sont indigènes dans l'Afrique australe ont été importés en Europe en 1690. L'essence a été distillée pour la première fois en 1819 par RECLUEZ de Lyon, mais ce n'est qu'en 1847 que la première culture industrielle a été réalisée par DEMARSON en vue de la production d'essence. Depuis cette époque, la culture du géranium s'est beaucoup répandue dans le Midi de la France, en Algérie et un peu en Corse.

La localisation des produits odorants dans le géranium est particulière en ce sens que les plantes produisent très peu de fleurs non odorantes et par contre beaucoup de feuilles à odeur très forte. CHARABOT et LALOUE (12) par exemple, à partir de 113 kg. de fleurs n'obtiennent aucune trace d'essence; il est donc nécessaire de traiter les parties vertes de la plante.

L'espèce cultivée dans nos régions est le *Pelargonium Graveolens*.

Nos plantations proviennent de boutures de cette espèce prélevées sur des plantes de la région enracinées en pépinières et repiquées. La plantation a été partagée en six lots correspondant chacun à un *Ph* du sol différent toutes choses égales d'ailleurs.

L'analyse préalable de la plante en vue d'établir ses exigences nous a donné les résultats suivants :

pour 1.000 de plantes fraîches :

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote total .....        | 2,6 |
| acide phosphorique ..... | 1,2 |
| potasse .....            | 3,3 |

Pour une récolte moyenne de 40.000 kg. de parties vertes à l'Ha., nous avons :

|                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| azote .....              | 104 kg. ou 3.714 molécules gr. |
| acide phosphorique ..... | 48 kg. ou 338   "   "          |
| potasse .....            | 132 kg. ou 1.404   "   "       |

Les éléments fertilisants sont ajoutés à la culture de façon à restituer exactement au sol les quantités exigées par la récolte.

Nous employons les formules suivantes dont l'influence sur le *Ph* du sol a été étudiée plus haut.

#### FORMULE I.

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote nitrique.....      | 3 714 |
| acide phosphorique ..... | 338   |
| potasse .....            | 1 404 |

#### FORMULE II

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote ammoniacal .....   | 3 714 |
| acide phosphorique ..... | 338   |
| potasse .....            | 1 404 |

#### FORMULE III.

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote organique.....     | 3 714 |
| acide phosphorique ..... | 338   |
| potasse .....            | 1 404 |

FORMULE IV

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote nitrique.....      | I 857 |
| azote organique.....     | I 857 |
| acide phosphorique ..... | 338   |
| potasse .....            | I 404 |

FORMULE V.

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote ammoniacal .....   | I 857 |
| azote organique.....     | I 857 |
| acide phosphorique ..... | 338   |
| potasse .....            | I 404 |

molécules grammes par Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans les Tableaux suivants :

TABLEAU 49.

RENDEMENT EN PLANTES ET EN ESSENCE.

Mélanges :

|                           | I             | II     | III    | IV     | V      | Témoin |
|---------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....     | <b>6,5</b>    | 5,6    | 4,9    | 6,9    | 8,2    | 7,3    |
| Plante à l'Ha.....        | <b>70 824</b> | 30 816 | 17 160 | 52 612 | 25 713 | 41 327 |
| Essence à l'Ha.....       | <b>91,362</b> | 38,520 | 16,645 | 62,082 | 22,627 | 38,020 |
| Essence % de plante ..... | 0,129         | 0,125  | 0,097  | 0,118  | 0,088  | 0,092  |

L'examen de ce tableau montre que le *Ph* optimum est voisin de **6,5**. Cet optimum donne la plus grande quantité de plante et en même temps la plus grande quantité d'essence à l'Ha. Les variations du *Ph* dans un sens ou dans l'autre diminuent ces rendements, cette diminution étant plus rapide dans le sens de l'acidité. Les variations du *Ph* n'ont pas d'influence très grande sur le rendement en essence % de plante. Les graphiques I et II montrent l'allure des phénomènes.

La composition de l'essence est modifiée comme le montrent les analyses suivantes :

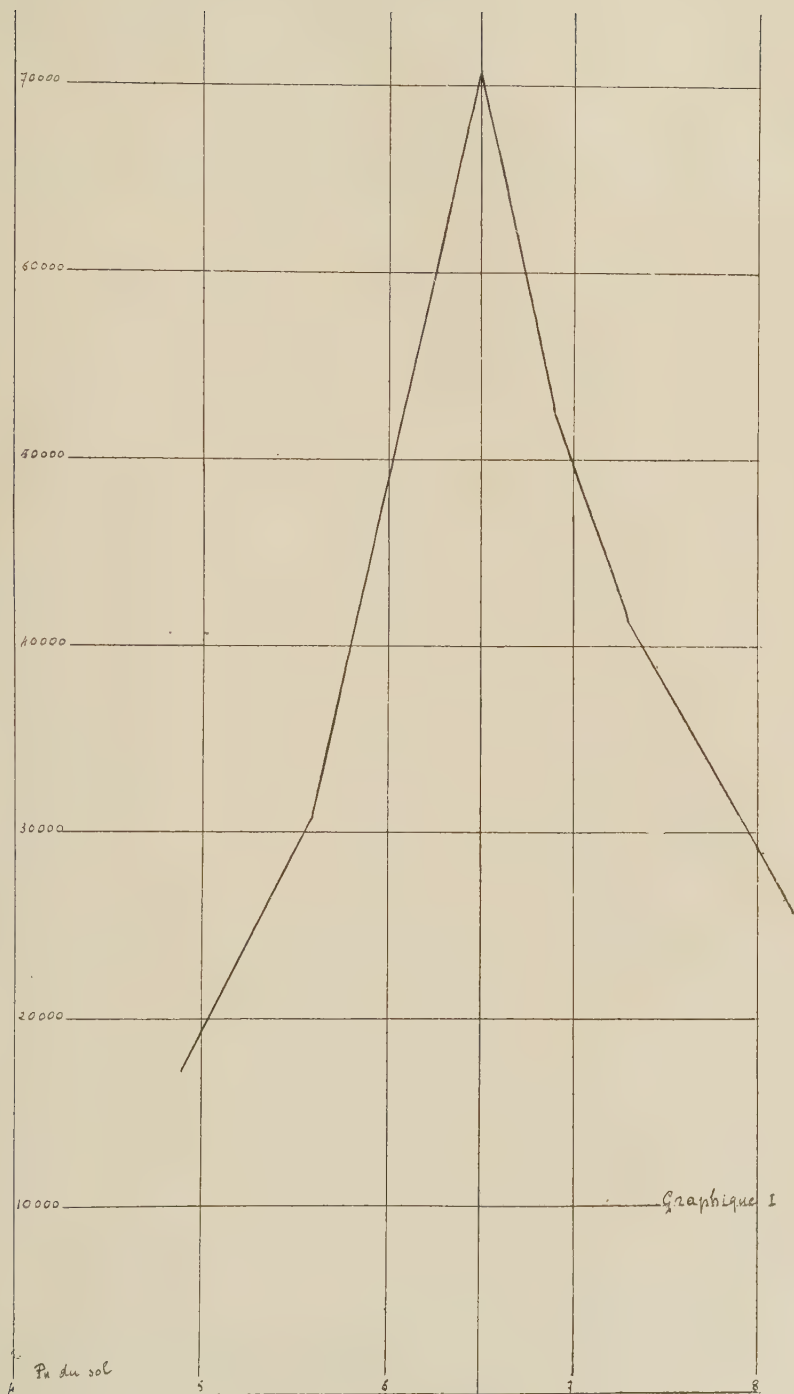
TABLEAU 50.

ANALYSES DE L'ESSENCE.

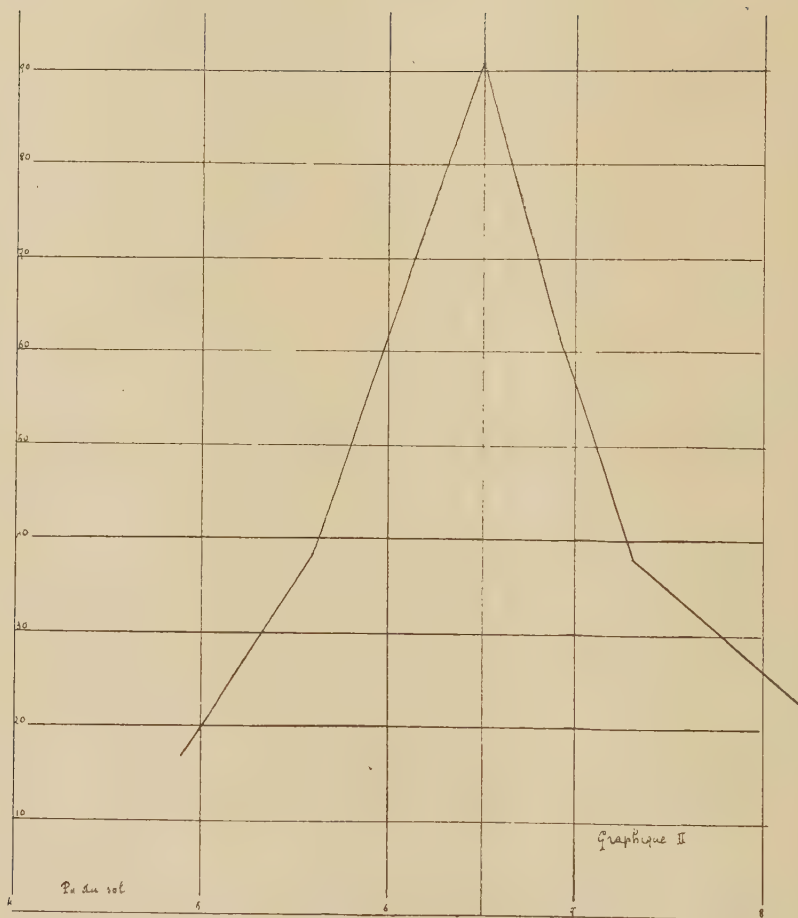
Mélanges :

|                           | I            | II     | III          | IV     | V      | Témoin |
|---------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| Densité à 15°.....        | 0,8792       | 0,9036 | 0,8887       | 0,8932 | 0,9037 | 0,9201 |
| Pouvoir rotatoire.....    | -7°38        | -7°80  | -8°42        | -8°38  | -9°16  | -10°12 |
| Indice de réfraction..... | 1,4748       | 1,4759 | 1,4683       | 1,4773 | 1,4696 | 1,4713 |
| Alcool total.....         | <b>76,44</b> | 71,09  | 67,46        | 73,30  | 68,90  | 70,36  |
| Alcool libre.....         | <b>65,15</b> | 55,36  | 50,01        | 62,52  | 54,02  | 59,58  |
| Ethers .....              | 18,98        | 15,73  | <b>26,75</b> | 16,52  | 22,81  | 16,52  |

Poids de plants a l'hectare.



Poids d'essence à l'hectare



L'examen de ces résultats montre que le *Ph* optimum du sol pour la culture est également celui qui donne la plus forte proportion d'alcool total et d'alcool libre de l'essence. Cette valeur ne correspond pas à la teneur minima ou maxima de l'essence en éthers. Nous donnons plus loin (Chapitre IX) une interprétation de ce phénomène.

Les essences végétales dont le constituant principal est un alcool primaire sont relativement peu nombreuses dans nos régions parmi les plantes annuelles dont les conditions de culture peuvent rentrer dans le cadre que nous nous sommes fixés, c'est pourquoi nous nous bornons pour ce groupe à la seule étude du géranium.

---

## CHAPITRE III

### ESSENCES A ALCOOL SECONDAIRE

#### 1<sup>o</sup> ESSENCE DE MENTHE.

L'Essence de Menthe est une des plus anciennement connue. Les Egyptiens, les Hébreux, et les Romains en faisaient usage et les Capitulaires de Charlemagne, en 812, mentionnent trois espèces de Menthe parmi les 73 plantes utiles dont la culture était recommandée. Les caractères botaniques de ces espèces sont incertains. L'échantillon les plus anciens de *Mentha piperita* est au British Museum; il date de 1696. La culture de la Menthe, en Angleterre, a commencé au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle. Sur le continent la culture et la distillation datent de la même époque.

L'espèce cultivée en vue de la production de l'essence est *Mentha piperita*.

Nos plantations proviennent de menthes saines de la région reproduites par division des plants d'une culture homogène. La plantation a été divisée en cinq lots correspondant à des *Ph* différents.

L'analyse préalable de la plante en vue d'établir ses exigences nous a donné les résultats suivants :

pour 1,000 de plantes fraîches :

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| azote .....             | 89,992 kg. ou 3.214 molécules gr. |
| acide phosphorique..... | 31,950 kg. ou 225 » »             |
| potasse .....           | 148,520 kg. ou 1,580 » »          |

Les éléments fertilisants sont ajoutés à la culture d'après la loi de restitution et avec les formules suivantes dont l'action sur le *Ph* du sol initial a été étudiée.

#### FORMULE I.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | 3 214 |
| acide phosphorique..... | 225   |
| potasse .....           | 1 580 |

#### FORMULE II.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique.....     | 3 214 |
| acide phosphorique..... | 225   |
| potasse .....           | 1 580 |
| chaux.....              | 1 464 |

#### FORMULE III.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | 1 857 |
| azote nitrique.....     | 1 357 |
| acide phosphorique..... | 225   |
| potasse .....           | 1 580 |

#### FORMULE IV.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique.....     | 3 214 |
| acide phosphorique..... | 225   |
| potasse .....           | 1 580 |
| oxyde de manganèse..... | 200   |

molécules grammes par Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

TABLEAU 51.

RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

Mélanges :

|                             | I      | II     | III           | IV     | Témoin |
|-----------------------------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....       | 6,8    | 6,4    | <b>5,3</b>    | 4,6    | 8,3    |
| Poids de plante à l'Ha..... | 15 427 | 14 438 | <b>16 380</b> | 14 373 | 9 905  |
| Poids d'essence à l'Ha..... | 31,638 | 23,288 | <b>36,363</b> | 28,171 | 18,859 |
| Essence ‰ de plante.....    | 0,200  | 0,161  | 0,222         | 0,196  | 0,190  |

L'examen de ce tableau montre que le *Ph* optimum est voisin de **5,3** pour le rendement en plante et en essence à l'Ha. Les variations de *Ph* entraînent une diminution de ce rendement dans un sens ou dans l'autre d'une façon sensiblement symétrique par rapport à l'optimum. Les graphiques III et IV traduisent ces conclusions. Les variations du *Ph* ne montrent pas d'influence en général, sur le rendement en essence ‰ de plante, sauf dans le cas du mélange II où une diminution du rendement en essence produit une inflexion de la courbe de l'essence en fonction du *Ph*.

La composition de l'essence est modifiée dans les proportions suivantes.

TABLEAU 52.

ANALYSES DE L'ESSENCE.

Mélanges :

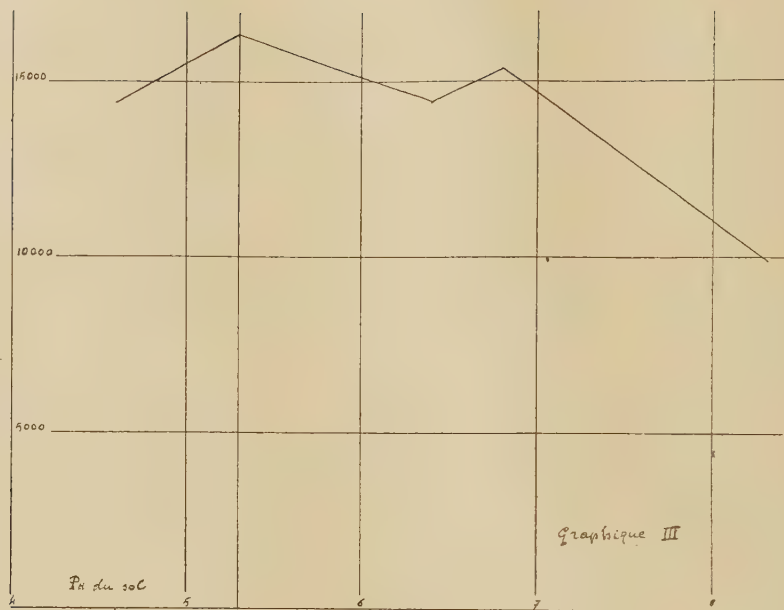
|                           | I           | II           | III          | IV           | Témoin       |
|---------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Densité à 15°.....        | 0,9261      | 0,9190       | 0,9316       | 0,9200       | 0,9126       |
| Pouvoir rotatoire.....    | -10°26      | -13°20       | -12°54       | -11°57       | -13°45       |
| Indice de réfraction..... | 1,4697      | 1,4730       | 1,4710       | 1,4700       | 1,4679       |
| Menthol total.....        | 72,88       | 70,54        | <b>78,84</b> | 63,42        | 55,56        |
| Menthol libre.....        | 56,50       | 53,34        | <b>62,46</b> | 46,22        | 38,36        |
| Ethers .....              | 20,79       | <b>21,78</b> | 20,79        | <b>21,78</b> | <b>21,78</b> |
| Menthone .....            | <b>8,26</b> | 7,17         | 7,33         | 7,73         | 6,93         |

L'examen de ce tableau montre que le *Ph* optimum donne également l'essence la plus riche en menthol total et en menthol libre. La quantité d'éthers est très peu modifiée sous l'influence des *Ph* différents.

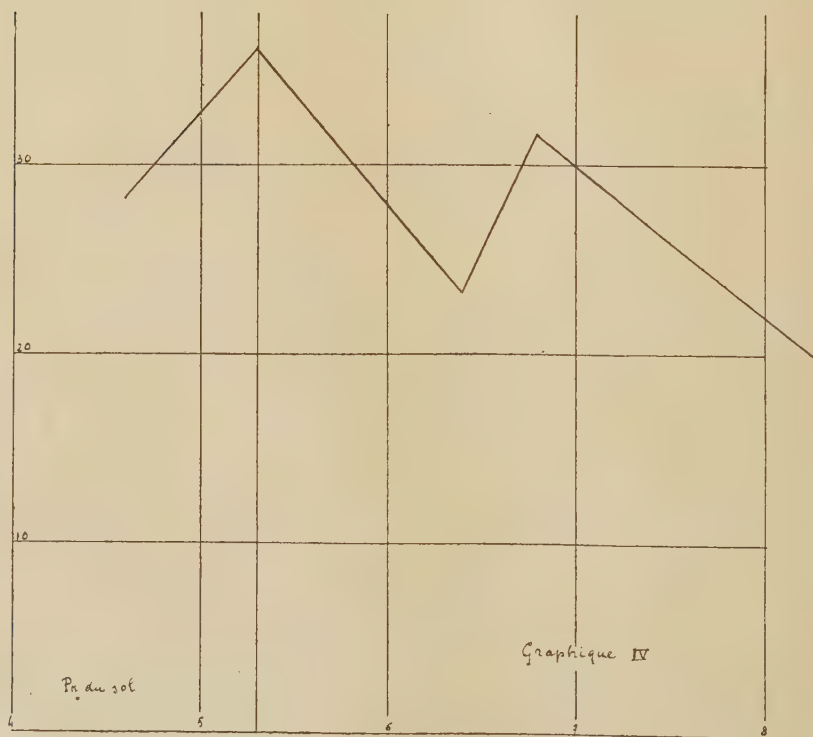
2° ESSENCE DE SANTOLINE.

Nos expériences ont porté sur des cultures de santoline (*Santolina Chamoecephalus*) provenant de graines d'un même lot germées en couches et repiquées en place. La plantation a été divisée en six lots de *Ph* différents.

Poids de plantes à l'hectare



Poids d'engrais à l'hectare



L'analyse de la plante dans le but d'établir les exports de la plantation nous donne les résultats suivants :

pour 1.000 de plantes fraîches :

|                         |      |
|-------------------------|------|
| azote total.....        | 4,8  |
| acide phosphorique..... | 12,6 |
| potasse .....           | 2,8  |

Pour une récolte moyenne de 7.000 kg. à l'Ha., nous avons :

|                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| azote .....             | 34 kg. ou 1.214 molécules gr. |
| acide phosphorique..... | 88 kg. ou 619 » »             |
| potasse .....           | 20 kg. ou 213 » »             |

Les éléments fertilisants sont ajoutés d'après les formules suivantes :

#### FORMULE I.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique.....     | I 214 |
| acide phosphorique..... | 619   |
| potasse .....           | 213   |

#### FORMULE II.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | I 214 |
| acide phosphorique..... | 619   |
| potasse .....           | 213   |

#### FORMULE III.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote organique.....    | I 214 |
| acide phosphorique..... | 619   |
| potasse .....           | 213   |

#### FORMULE IV.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote nitrique.....     | 607 |
| azote organique .....   | 607 |
| acide phosphorique..... | 619 |
| potasse .....           | 213 |

#### FORMULE V.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote ammoniacal .....  | 607 |
| azote organique.....    | 607 |
| acide phosphorique..... | 619 |
| potasse .....           | 213 |

molécules grammes par Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

TABLEAU 53.

#### RENDEMENT EN PLANTES ET EN ESSENCES.

|                          | I     | II    | III   | IV           | V     | Témoin |
|--------------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....    | 3,4   | 6,2   | 8,2   | 5,5          | 7,9   | 7,4    |
| Plante à l'Ha. ....      | 1170  | 7852  | 6409  | <b>10114</b> | 5681  | 7600   |
| Essence à l'Ha. ....     | 0,187 | 8,245 | 6,601 | <b>9,922</b> | 6,078 | 7,752  |
| Essence % de plante..... | 0,016 | 0,105 | 0,103 | 0,098        | 0,107 | 0,102  |

L'examen de ce tableau montre que le *Ph* optimum est voisin de 5,5.

Le rendement en plante et en essence diminue avec les variations du *Ph* comme le montrent les graphiques V et VI.

Les variations du *Ph* sont sans grande influence sur le rendement en essence pour 100 de plante, sauf dans la zone très acide où ce rendement diminue considérablement.

La composition de l'essence est modifiée d'après les analyses suivantes:

TABLEAU 54.

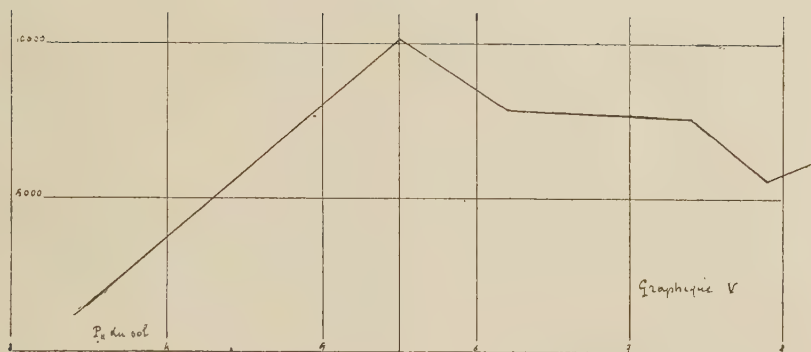
ANALYSES DE L'ESSENCE.

*Mélanges :*

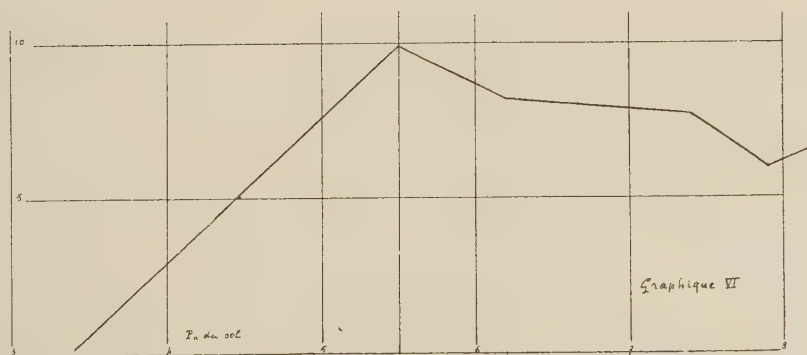
|                           | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> | <i>IV</i>    | <i>V</i> | <i>Témoin</i> |
|---------------------------|----------|-----------|------------|--------------|----------|---------------|
| Densité à 15°.....        | 0,8909   | 0,9036    | 0,9056     | 0,8933       | 0,9063   | 0,9091        |
| Pouvoir rotatoire.....    | -12°32   | -12°36    | -11°66     | -10°36       | -10°29   | -10°19        |
| Indice de réfraction..... | 1,5235   | 1,5437    | 1,5396     | 1,5173       | 1,4968   | 1,4624        |
| Alcool total.....         | 14,55    | 23,85     | 21,88      | <b>24,50</b> | 21,83    | 22,85         |
| Alcool libre.....         | 10,60    | 19,03     | 17,31      | <b>19,51</b> | 17,49    | 18,39         |
| Ethers.....               | 5,02     | 6,11      | 5,80       | <b>6,32</b>  | 6,11     | 5,66          |

Le *Ph* optimum donne également la plus forte proportion d'alcool total, d'alcool libre et d'éthers de l'essence.

Poids de plantes a l'hectare



Poids d'espèces a l'hectare



## CHAPITRE IV

### ESSENCES A ALCOOL TERTIAIRE

#### 1° ESSENCE D'HYSOPE.

Nos expériences portent sur six lots de culture d'*Hysopus officinalis* obtenus dans les mêmes conditions de germination.

L'analyse de la plante donne les résultats ci-dessous :  
pour 1000 de plantes fraîches :

|                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| azote total .....        | 5,37 <sup>2</sup> |
| acide phosphorique ..... | 2,703             |
| potasse .....            | 4,848             |

ce qui correspond pour une récolte moyenne de 4000 kg. à l'Ha. à :

|                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| azote .....              | 21,487 kg. ou 767 molécules gr. |
| acide phosphorique ..... | 10,814 kg. ou 76 » »            |
| potasse .....            | 19,391 kg. ou 206 » »           |

Les éléments fertilisants sont ajoutés à la culture d'après ces données selon les formules suivantes :

#### FORMULE I

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote nitrique.....      | 767 |
| acide phosphorique ..... | 76  |
| potasse .....            | 206 |

#### FORMULE II

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote ammoniacal .....   | 767 |
| acide phosphorique ..... | 76  |
| potasse .....            | 206 |

#### FORMULE III

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote organique.....     | 767 |
| acide phosphorique ..... | 76  |
| potasse .....            | 206 |

#### FORMULE IV

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote nitrique.....      | 383 |
| azote organique.....     | 384 |
| acide phosphorique ..... | 76  |
| potasse .....            | 206 |

#### FORMULE V

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote ammoniacal .....   | 383 |
| azote organique.....     | 384 |
| acide phosphorique ..... | 76  |
| potasse .....            | 206 |

molécules grammes par Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

TABLEAU 55

RENDEMENT EN PLANTES ET EN ESSENCE.

*Mélanges :*

|                          | I     | II    | III          | IV    | V     | Témoin |
|--------------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....    | 6,2   | 4,6   | 6,8          | 8     | 3,1   | 7,5    |
| Plante à l'Ha.....       | 3393  | 2890  | <b>4357</b>  | 2620  | 1735  | 3952   |
| Essence à l'Ha.....      | 4,953 | 4,017 | <b>6.143</b> | 4,165 | 2,359 | 5,849  |
| Essence % de plante..... | 0,146 | 0,139 | 0,141        | 0,159 | 0,136 | 0,148  |

Le *Ph* optimum qui donne la plus forte récolte et la plus grande quantité d'essence à l'Ha. est voisin de **6,8**. Les graphiques VII et VIII montrent l'influence des variations du *Ph* du sol sur ces rendements.

Le rendement en essence pour 100 de plantes est peu modifiée.

Les analyses suivantes montrent l'influence des variations du *Ph* sur la composition de l'essence.

TABLEAU 56

ANALYSES DE L'ESSENCE.

*Mélanges :*

|                           | I      | II     | III          | V      | IV          | Témoin |
|---------------------------|--------|--------|--------------|--------|-------------|--------|
| Densité à 15° .....       | 0,9275 | 0,9346 | 0,9362       | 0,9433 | 0,9223      | 0,9315 |
| Pouvoir rotatoire .....   | -14°16 | -22°32 | -12°10       | -25°64 | -23°322     | -23°26 |
| Indice de réfraction..... | 1,4837 | 1,4683 | 1,4773       | 1,4428 | 1,4412      | 1,4412 |
| Alcool total .....        | 11,21  | 10,58  | <b>13,77</b> | 10,33  | 9,64        | 11,39  |
| Alcool libre .....        | 7,75   | 8,27   | <b>12,70</b> | 8,24   | 5,72        | 7,73   |
| Ethers .....              | 4,41   | 2,94   | 1,36         | 2,66   | <b>4,95</b> | 4,65   |

Le *Ph* optimum est celui qui donne l'essence la plus riche en alcool total et en alcool libre et la plus pauvre en éthers.

2° ESSENCE DE MARJOLAINE.

Nos expériences ont porté sur des cultures d'*Origanum Majorana* provenant d'un lot de graines homogènes. La plantation a été partagée en six lots de *Ph* différents.

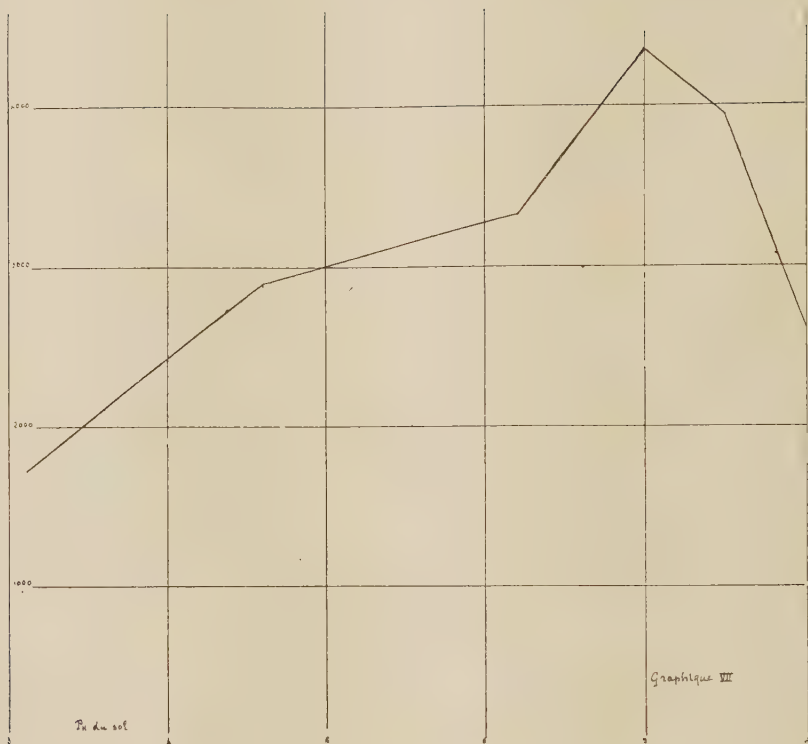
L'analyse préalable de la plante nous avait donné les chiffres suivants pour 1000 de plante fraîche :

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote total .....        | 5,450 |
| acide phosphorique ..... | 0,839 |
| potasse .....            | 3,102 |

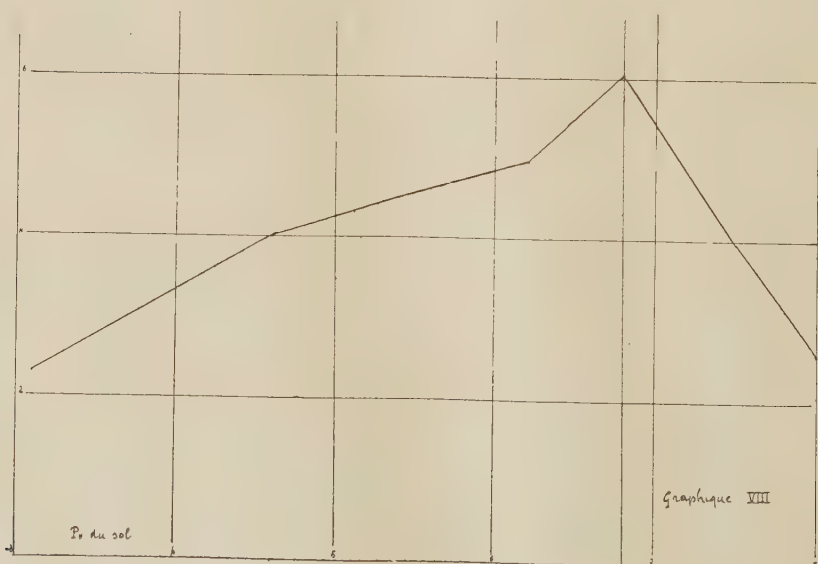
pour une récolte de 3000 kg. à l'Ha. les exports sont de :

|                          |                                 |
|--------------------------|---------------------------------|
| azote total .....        | 16,350 kg. ou 584 molécules gr. |
| acide phosphorique ..... | 2,517 kg. ou 18    »    »       |
| potasse .....            | 9,306 kg. ou 99     »    »      |

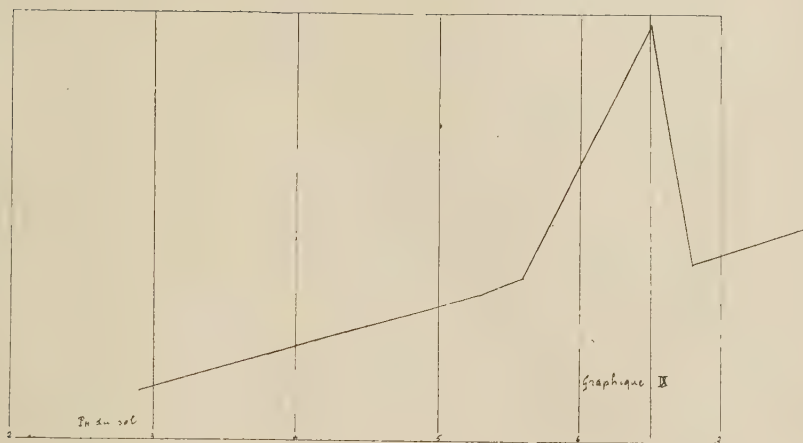
Poids de plantes à l'hectare



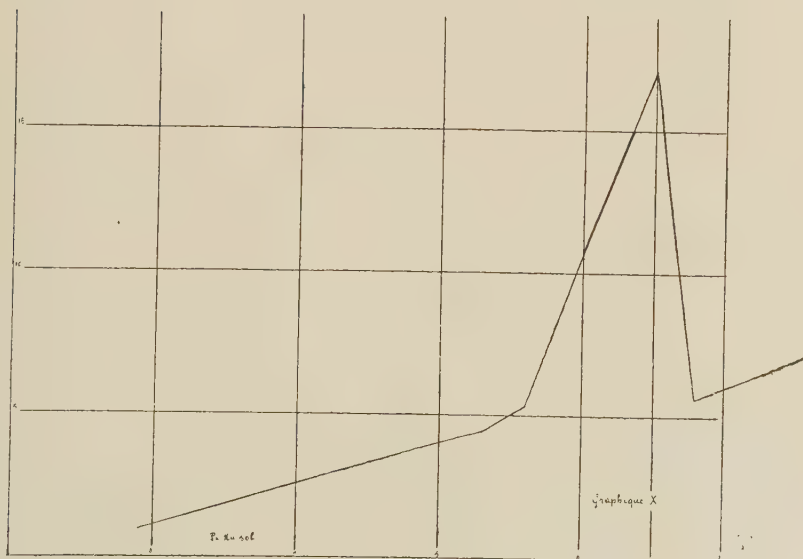
Poids de semence à l'hectare



Poids de sodium en grammes



Poids de sodium en grammes



Les éléments fertilisants sont ajoutés à la culture d'après les formules suivantes :

FORMULE I

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote nitrique.....     | 584 |
| acide phosphorique .... | 18  |
| potasse .....           | 99  |

FORMULE II

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote ammoniacal.....    | 584 |
| acide phosphorique ..... | 18  |
| potasse .....            | 99  |

FORMULE III

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| azote organique .....    | 584 |
| acide phosphorique ..... | 18  |
| potasse .....            | 99  |

FORMULE IV

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote nitrique .....    | 292 |
| azote ammoniacal.....   | 292 |
| acide phosphorique..... | 18  |
| potasse .....           | 99  |

FORMULE V

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote ammoniacal.....   | 292 |
| azote organique .....   | 292 |
| acide phosphorique..... | 18  |
| potasse .....           | 99  |

molécules grammes à l'Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

TABEAU 57

RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

Mélanges :

|                           | I     | II            | III   | IV    | V     | Témoin |
|---------------------------|-------|---------------|-------|-------|-------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....     | 2,9   | <b>6,5</b>    | 6,8   | 5,6   | 5,3   | 7,6    |
| Plante à l'Ha.....        | 693   | <b>7838</b>   | 2530  | 2323  | 2134  | 3162   |
| Essence à l'Ha.....       | 0,977 | <b>17,141</b> | 5,667 | 5,319 | 4,460 | 7,363  |
| Essence % de plante ..... | 0,141 | 0,218         | 0,224 | 0,229 | 0,209 | 0,233  |

Le *Ph* optimum est voisin de **6,5**. La plante étudiée ici est particulièrement sensible aux variations de *Ph* du sol soit dans un sens soit dans l'autre comme le montrent les graphiques IX et X. Le rendement en essence pour 100 de plante est peu touché sauf dans la zone très acide où il diminue de presque de la moitié.

La composition de l'essence varie dans les limites suivantes :

TABLEAU 58

ANALYSES DE L'ESSENCE.

Mélanges :

|                           | I           | II           | III    | IV     | V      | Témoin |
|---------------------------|-------------|--------------|--------|--------|--------|--------|
| Densité à 15° .....       | 0,9086      | 0,8840       | 0,8937 | 0,8772 | 0,8803 | 0,8860 |
| Pouvoir rotatoire .....   | 19°82       | 14°36        | 15°24  | 17°28  | 16°12  | 17°16  |
| Indice de réfraction..... | 1,4744      | 1,4632       | 1,4739 | 1,4756 | 1,4740 | 1,4730 |
| Alcool total .....        | 19,18       | <b>25,82</b> | 22,94  | 22,16  | 21,15  | 21,93  |
| Alcool libre .....        | 14,70       | <b>22,35</b> | 20,11  | 19,25  | 18,07  | 18,39  |
| Ethers .....              | <b>5,70</b> | 3,39         | 3,60   | 3,71   | 3,92   | 4,51   |

Le *Ph* optimum donne donc également l'essence la plus riche en alcool total et en alcool libre. La teneur en éthers est surtout modifiée dans les zones extrêmes acides et alcalines, la teneur la plus élevée étant dans la zone très acide.

3° ESSENCE DE BASILIC,

Nos plantations proviennent de graines d'une même plantation d'*ocimum basilicum*.

Elle a été divisée en six lots de *Ph* différents.

L'analyse de la plante nous avait donné les résultats suivants :

pour 1000 de plantes fraîches :

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Azote total.....        | 3,22 |
| Acide phosphorique..... | 4,42 |
| Potasse .....           | 2,01 |

pour une récolte moyenne de 20000 kg. à l'Ha. nous avons :

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| Azote .....             | 64,4 kg. ou 2300 molécules gr. |
| Acide phosphorique..... | 88,4 kg. ou 622 » »            |
| Potasse .....           | 40 kg. ou 425 » »              |

Les éléments fertilisants sont ajoutés au sol d'après les formules suivantes !:

FORMULE I

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique .....    | 2 300 |
| acide phosphorique..... | 622   |
| potasse .....           | 425   |

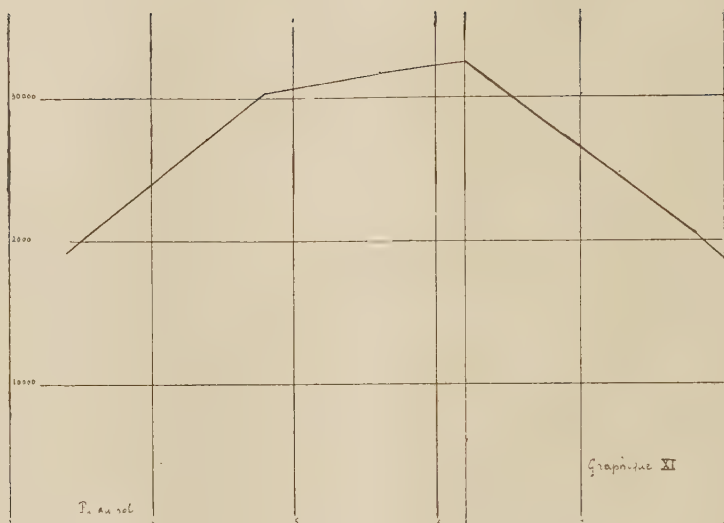
FORMULE II

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote ammoniacal .....   | 2 300 |
| acide phosphorique ..... | 622   |
| potasse .....            | 425   |

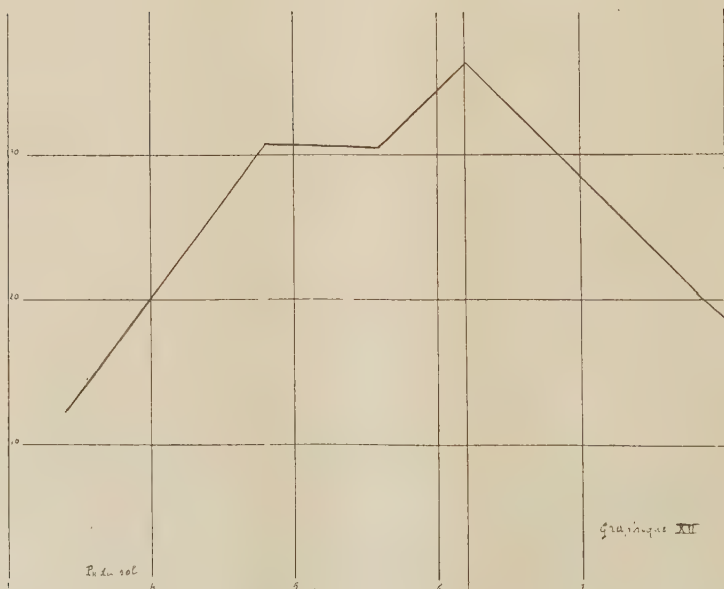
FORMULE III

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| azote organique .....    | 2 300 |
| acide phosphorique ..... | 622   |
| potasse .....            | 425   |

Poids de plaques à l'heure



Poids de colonne à l'heure



FORMULE IV

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique .....    | I 150 |
| azote organique.....    | I 150 |
| acide phosphorique..... | 622   |
| potasse .....           | 425   |

FORMULE V.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | I 150 |
| az te organique .....   | I 150 |
| acide phosphorique..... | 622   |
| potasse .....           | 425   |

mélocules grammes par Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

TABLEAU 59.

RENDEMENT EN PLANTES ET EN ESSENCE.

Mélanges :

|                          | I      | II    | III    | IV     | V             | Témoin |
|--------------------------|--------|-------|--------|--------|---------------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....    | 5,6    | 8,6   | 3,4    | 4,8    | 6,2           | 7,8    |
| Plante à l'Ha.....       | 31835  | 13762 | 18753  | 30305  | <b>32561</b>  | 20560  |
| Essence à l'Ha. ....     | 30,526 | 6,881 | 12,377 | 30,911 | <b>36,468</b> | 20,149 |
| Essence % de plante..... | 0,097  | 0,049 | 0,066  | 0,102  | 0,112         | 0,098  |

Le *Ph* optimum est voisin de **6,2**.

Les variations du *Ph* entraînent des variations du poids de la récolte et du poids de l'essence comme le montrent les graphiques XI et XII. Le rendement en essence % de plante est peu affecté sauf dans la zone très alcaline où il diminue considérablement.

La composition de l'essence est modifiée dans les limites suivantes :

TABLEAU 60.

ANALYSES DE L'ESSENCE.

Mélanges :

|                           | I      | II     | III    | IV     | V            | Témoin      |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|-------------|
| Densité à 15°.....        | 0,9152 | 0,9126 | 0,9235 | 0,9043 | 0,9144       | 0,9061      |
| Pouvoir rotatoire.....    | -11°56 | - 9°22 | - 8°82 | -10°48 | -12°         | -10°32      |
| Indice de réfraction..... | 1,4894 | 1,4892 | 1,4891 | 1,4883 | 1,4875       | 1,4882      |
| Alcool total.....         | 35,53  | 29,12  | 30,92  | 33,35  | <b>37,03</b> | 34,41       |
| Alcool libre.....         | 34,07  | 27,66  | 29,54  | 32,03  | <b>35,71</b> | 32,87       |
| Ethers.....               | 1,85   | 1,85   | 1,75   | 1,68   | 1,68         | <b>1,96</b> |

Le *Ph* optimum est également celui qui donne la plus forte teneur en alcool total et en alcool libre de l'essence. La quantité d'éthers est peu modifiée par les variations du *Ph*.

## CHAPITRE V

### ESSENCES A ÉTHERS SELS

#### 1° ESSENCE DE SAUGE SCLARÉE :

Nos expériences portent sur des cultures de *salvia sclarea* sélectionnées dont la germination en couche et la plantation définitive ont été faites dans les mêmes conditions. La plantation a été divisée en sept lots de *Ph* différents.

L'analyse préalable de la plante nous a donné les résultats suivants : pour 1.000 de plantes fraîches :

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| azote .....             | 5,44 <sup>2</sup> |
| acide phosphorique..... | 0,838             |
| potasse .....           | 2,651             |

pour une récolte moyenne de 20.000 kg. à l'Ha nous avons :

|                    |                                            |
|--------------------|--------------------------------------------|
| azote .....        | 108,850 kg. à l'Ha. ou 3,887 molécules gr. |
| acide phosphorique | 16,775 kg. ou 118 » »                      |
| potasse .....      | 53,028 kg. ou 564 » »                      |

les éléments fertilisants sont ajoutés à la culture d'après les formules suivantes :

#### FORMULE I.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique .....    | 3 887 |
| acide phosphorique..... | 118   |
| potasse .....           | 564   |

#### FORMULE II

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | 3 887 |
| acide phosphorique..... | 118   |
| potasse .....           | 564   |

#### FORMULE III.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote organique .....   | 3 887 |
| acide phosphorique..... | 118   |
| potasse ..              | 564   |

#### FORMULE IV.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique .....    | 1 943 |
| azote ammoniacal.....   | 1 944 |
| acide phosphorique..... | 118   |
| potasse .....           | 564   |

#### FORMULE V.

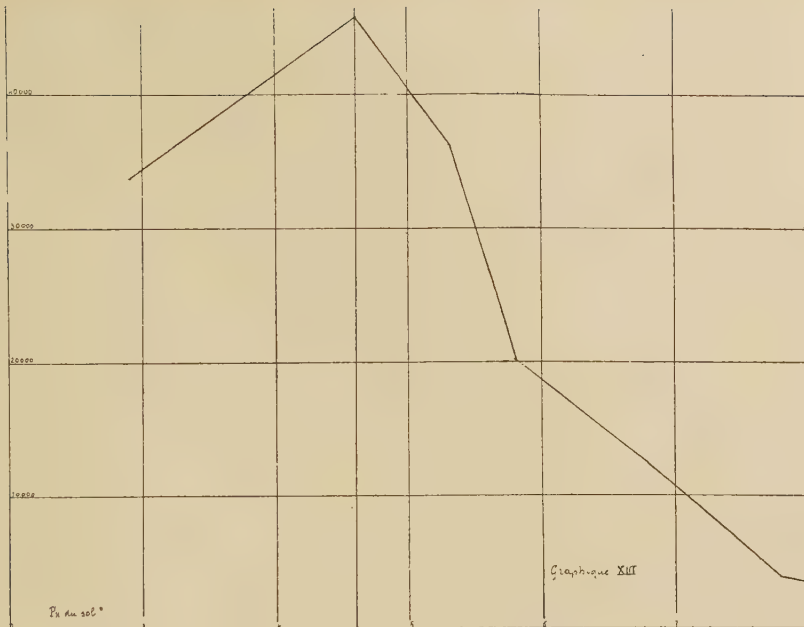
|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique .....    | 1 943 |
| azote organique .....   | 1 944 |
| acide phosphorique..... | 118   |
| potasse .....           | 564   |

#### FORMULE VI.

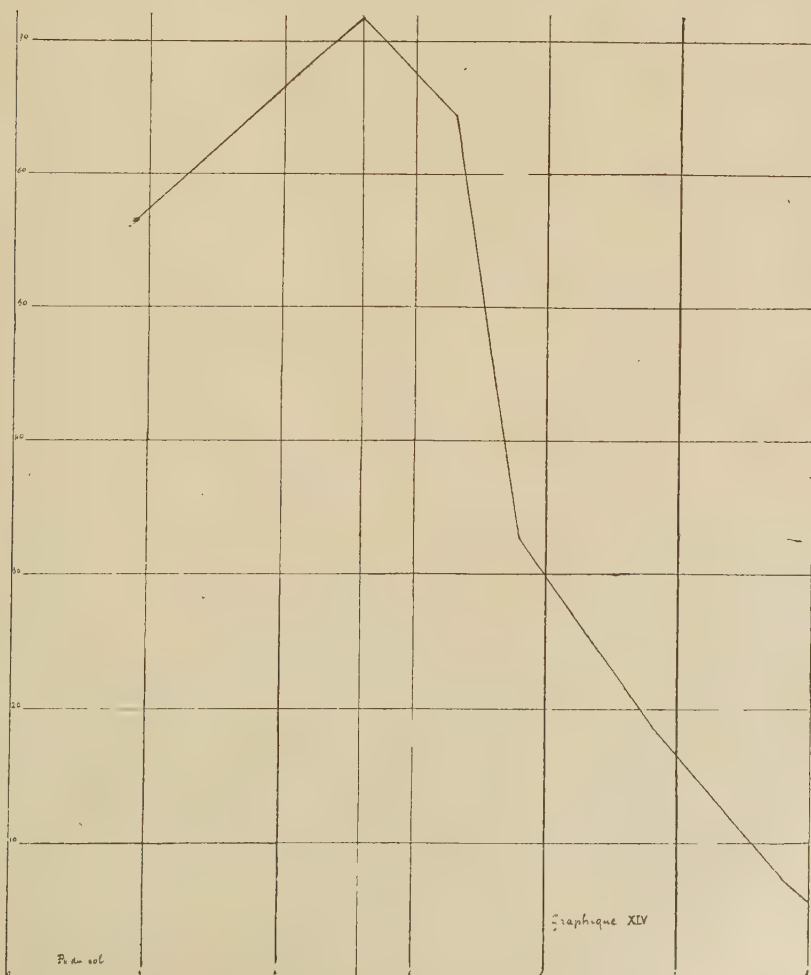
|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | 1 943 |
| azote organique .....   | 1 944 |
| acide phosphorique..... | 118   |
| potasse .....           | 564   |

molécules grammes par Ha.

Poids des plantes et l'hectare



Poids d'engrais et l'hectare



Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

TABLEAU 61.

RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

Mélanges :

|                              | I      | I             | III   | IV     | V      | VI    | Témoin |
|------------------------------|--------|---------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....        | 2,9    | 4,6           | 7,8   | 5,3    | 6,8    | 8     | 5,8    |
| Plante à Ha.....             | 33738  | <b>45799</b>  | 4030  | 36450  | 12590  | 3840  | 20359  |
| Essence à Ha.....            | 56,537 | <b>71.904</b> | 7,345 | 64,547 | 18,897 | 5,626 | 32,970 |
| Essence % de<br>plante ..... | 0,168  | 0,157         | 0,185 | 0,177  | 0,150  | 0,146 | 0,162  |

Le *Ph* optimum pour la plante et le rendement en essence est voisin de **4.6**. Le rendement en essence % de plante est peu influencé par les variations du *Ph*, sauf dans la zone très alcaline où ce rendement diminue légèrement (graphiques XIII et XIV).

La composition de l'essence subit les modifications suivantes :

TABLEAU 62.

ANALYSE DE L'ESSENCE.

Mélanges :

|                                 | I      | II           | III    | IV     | V      | VI     | Témoin |
|---------------------------------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Densité 15°.....                | 0,9020 | 0,8970       | 0,9028 | 0,8990 | 0,9040 | 0,8950 | 0,9000 |
| Pouvoir rotatoire.              | -13°18 | -18°40       | -16°30 | -14°38 | -14°   | 0      | -19°58 |
| Indice de réfrac-<br>tion ..... | 1,4744 | 1,4757       | 1,4779 | 1,4762 | 1,4753 | 1,4975 | 1,4732 |
| Ethers .....                    | 31,85  | <b>46,55</b> | 25,97  | 46,06  | 30,89  | 14,21  | 31,85  |

Le *Ph* optimum donne également la plus forte teneur en éthers de l'essence.

2° ESSENCE DE LAVANDE

Les produits de la distillation des différentes espèces de lavande ont été désignés à l'origine sous le nom d'essences d'aspic. Ce n'est qu'au XVI<sup>e</sup> Siècle que l'on établit une distinction entre l'essence de lavande et celle d'aspic.

Il est vraisemblable que la lavande fut importée en Provence par les Phocéens, en l'an 600 avant J.-C., lors de la fondation de Marseille, d'où cette culture rayonne dans toute la région et jusqu'en Espagne.

L'essence de lavande ou de spic est mentionnée dans toutes les pharmacopées du Moyen-Age. LEWIS, en 1746, étudie le rendement des plantes en essence et DE SAUSSURE, vers 1800, étudie l'essence.

Pour nos recherches sur la lavande, nous avons abandonné l'étude en cultures d'essais. La création des lavanderaies artificielles demande au moins 5 ans pour obtenir des plantes récoltables. Ce délai est beaucoup trop long pour une étude de *Ph* du sol qu'il est impossible de maintenir

constant pendant si longtemps Il nous a paru cependant intéressant d'étudier des plantations naturelles de lavande de diverses régions. Nous nous sommes adressés à des régions bien délimitées où la densité de la végétation soit la plus grande possible et contenant le minimum de plantes parasites. Le *Ph* du sol est déterminé dans ce cas dans la partie du sol avoisinant immédiatement les racines. Nous avons procédé ainsi à un très grand nombre de déterminations individuelles qui nous ont permis de déterminer des zones de même *Ph*.

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats obtenus choisis parmi les plus caractéristiques.

Notre méthode de détermination ne permet pas de rapporter à l'Ha. le rendement en plante et en essence, mais les résultats sont cependant comparables étant toujours rapportés au même nombre de plantes.

TABLEAU 63.

RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

*Echantillons :*

|                          | I    | II    | III   | IV           | V     | VI    |
|--------------------------|------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| <i>Ph</i> du sol.....    | 6,2  | 7,3   | 6,6   | 4,9          | 5,5   | 7,7   |
| Poids de plante.....     | 621  | 522   | 558   | <b>738</b>   | 625   | 481   |
| Poids d'essence.....     | 5,77 | 4,594 | 5,803 | <b>7,485</b> | 6,062 | 1,779 |
| Essence % de plante..... | 0,93 | 0,88  | 1,04  | 0,96         | 0,97  | 0,37  |

Le *Ph* optimum de la lavande dans ses habitats naturels est voisin de 5.

La végétation devient moins florissante au fur et à mesure que l'on va vers la zone alcaline comme le montrent les graphiques XV et XVI.

La composition de l'essence est modifiée dans les proportions suivantes

TABLEAU 64.

COMPOSITION DE L'ESSENCE.

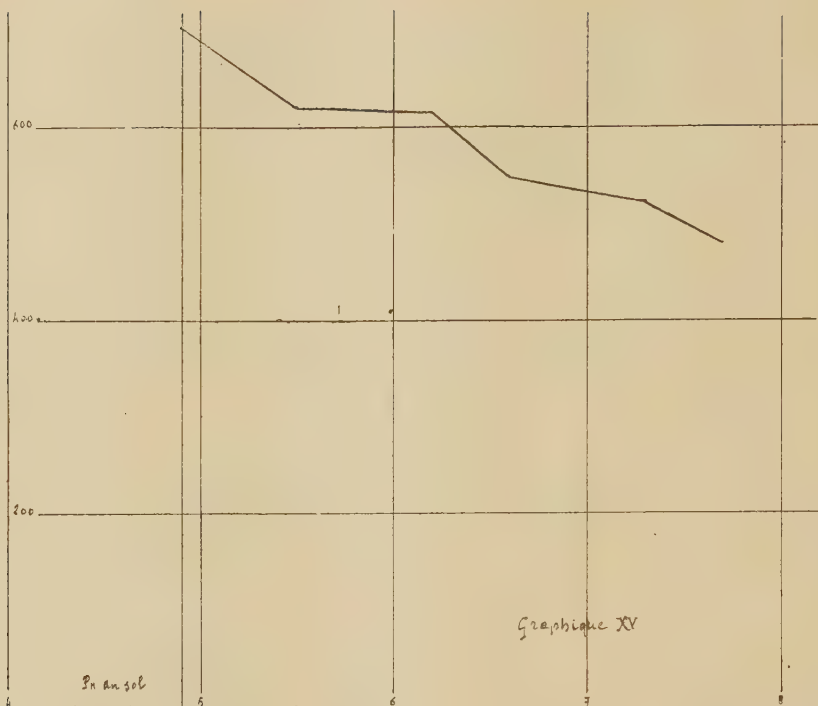
*Echantillons :*

|                           | I      | II     | III    | IV           | V      | VI     |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| Densité à 15°.....        | 0,8842 | 0,8918 | 0,8950 | 0,8871       | 0,9136 | 0,8925 |
| Pouvoir rotatoire.....    | -6°66  | -5°    | -4°13  | -7°20        | -6°66  | -3°83  |
| Indice de réfraction..... | 1,4653 | 1,4675 | 1,4643 | 1,4633       | 1,4655 | 1,4572 |
| Ethers.....               | 33,81  | 30,38  | 28,91  | <b>46,55</b> | 36,75  | 28,42  |

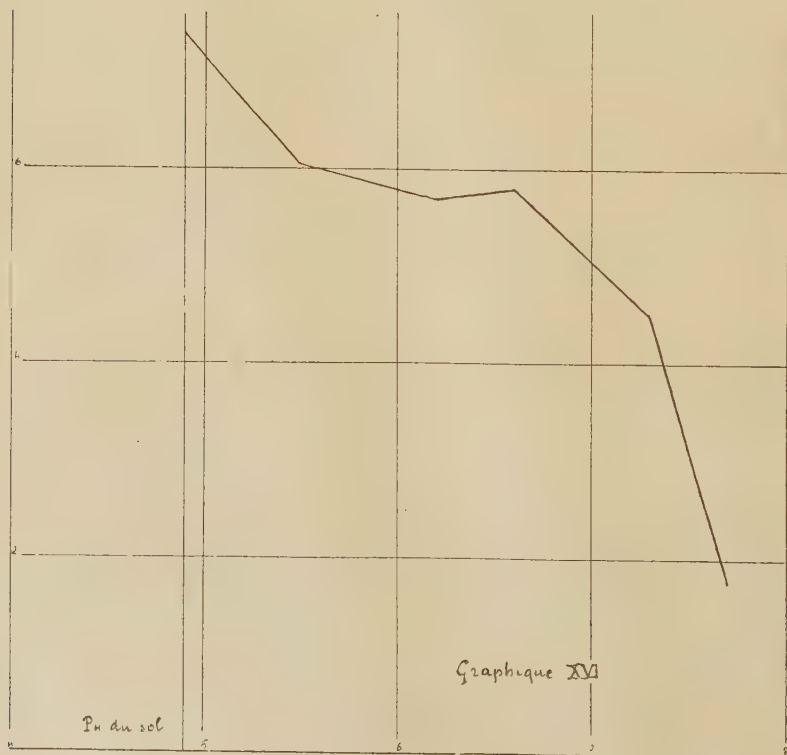
Dans les conditions de nos mesures le *Ph* optimum donne également l'essence la plus riche en éthers.

Les plantes ont été récoltées au même état de maturité et dans des conditions météorologiques aussi identiques que possible. Dans ce cas, la variation du *Ph* n'est pas la seule à envisager comme dans les cultures précédentes, mais il était intéressant de rechercher si, dans les conditions naturelles, on trouvait des variations du même ordre que dans les cultures ce qui se produit.

Poids de plantes



Poids d'essence



## CHAPITRE VI

### ESSENCE A ALDÉHYDES

#### 1° ESSENCE DE VERVEINE

Nos expériences ont porté sur des cultures de *lipia citriodora* provenant de boutures de plantes saines enracinées en coffre et replantées dans les mêmes conditions. La plantation a été partagée en cinq lots de *Ph* différents.

L'analyse préalable de la plante nous a donné les résultats suivants : pour 1.000 de plante fraîche :

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote total.....        | 4,28  |
| acide phosphorique..... | 3,90  |
| potasse .....           | 10,02 |

pour une récolte moyenne de 5.000 kg. à l'Ha. nous avons :

|                       |                                                 |
|-----------------------|-------------------------------------------------|
| azote .....           | 21,400 kg. à l'Ha. ou 764 molécules gr.         |
| acide phosphorique... | 19,515        »        ou 137        »        » |
| potasse .....         | 50,145        »        ou 533        »        » |

Les éléments fertilisants sont ajoutés d'après les formules suivantes :

#### FORMULE I.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote nitrique .....    | 764 |
| acide phosphorique..... | 137 |
| potasse .....           | 533 |

#### FORMULE II.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote ammoniacal.....   | 764 |
| acide phosphorique..... | 137 |
| potasse .....           | 533 |

#### FORMULE III.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote organique .....   | 764 |
| acide phosphorique..... | 137 |
| potasse .....           | 533 |

#### FORMULE IV.

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| azote nitrique .....    | 382 |
| azote organique .....   | 382 |
| acide phosphorique..... | 137 |
| potasse .....           | 533 |

molécules grammes par Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

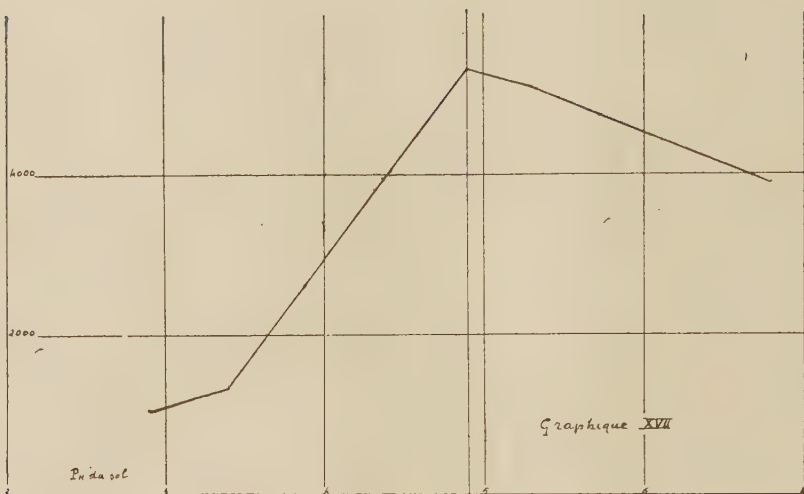
TABLEAU 65.

#### RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

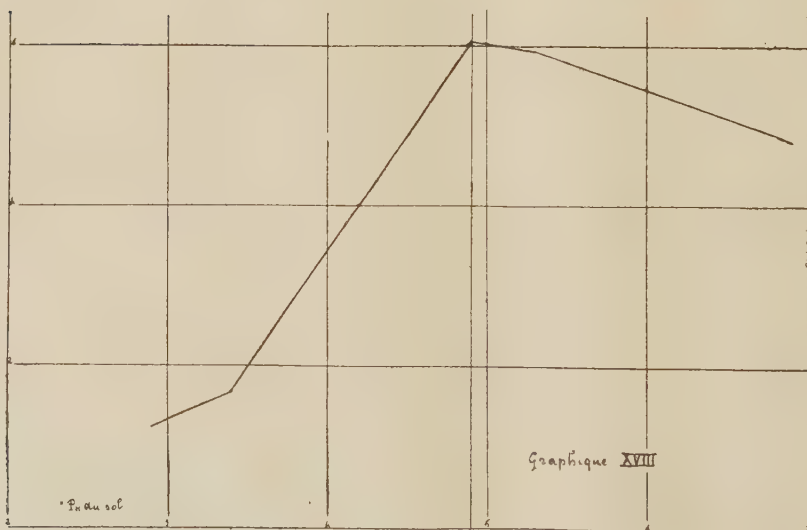
##### Mélanges :

|                          | I     | II           | III   | IV    | Témoin. |
|--------------------------|-------|--------------|-------|-------|---------|
| <i>Ph</i> du sol. ....   | 2,9   | <b>4,9</b>   | 3,4   | 5,3   | 6,8     |
| Plante à l'Ha. ....      | 1 037 | <b>5 283</b> | 1 362 | 5 093 | 3 873   |
| Essence à l'Ha.....      | 122,4 | <b>607,5</b> | 166,2 | 595,8 | 480,3   |
| Essence % de plante..... | 0,118 | 0,115        | 0,122 | 0,117 | 0,124   |

Poids de plantes a l'hectare



Poids d'ensilage a l'hectare



Le *Ph* optimum est voisin de 5. Les variations du *Ph* entraînent une variation du rendement en plante et en essence comme le montrent les graphiques XVII et XVIII.

L'analyse de l'essence montre les variations suivantes :

TABLEAU 66.

ANALYSE DE L'ESSENCE.

*Mélanges :*

|                           | <i>I</i> | <i>I</i> | <i>III</i> | <i>IV</i> | <i>Témoin</i> |
|---------------------------|----------|----------|------------|-----------|---------------|
| Densité à 15°.....        | 0,8982   | 0,9016   | 0,9028     | 0,8936    | 0,9010        |
| Pouvoir rotatoire.....    | -12°38   | -12°60   | -11°80     | -12°42    | -12°38        |
| Indice de réfraction..... | 1,4719   | 1,4723   | 1,4692     | 1,4717    | 1,4663        |
| Citral .....              | 28,17    | 34,25    | 29,44      | 35,13     | <b>38,13</b>  |

Le *Ph* optimum qui donne l'essence la plus riche en citral est voisin de 6,8 nous observons dans ce cas l'existence de deux optima un pour la formation de l'essence et un très différent pour sa composition. Nous étudions plus loin (chapitre IX) l'interprétation de ce phénomène.



## CHAPITRE VII

### ESSENCE A CÉTONES.

#### 1° ESSENCE DE CALAMENT

Nos expériences ont porté sur des cultures de *calamentha officinalis* provenant de graines de la région. La plantation a été partagée en quatre lots.

L'analyse préalable de la plante nous a donné les résultats suivants :

pour 1.000 de plantes fraîches :

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote total .....       | 7,602 |
| acide phosphorique..... | 5,823 |
| potasse .....           | 3,518 |

pour une récolte moyenne de 4.000 kg. à l'Ha., nous avons :

|                       |                                           |
|-----------------------|-------------------------------------------|
| azote .....           | 30,408 kg. à l'Ha. ou 1,086 molécules gr. |
| acide phosphorique... | 23,292 kg.    »    ou 164    »    »       |
| potasse .....         | 14,072 kg.    »    ou 150    »    »       |

Les éléments fertilisants sont ajoutés au sol d'après les formules suivantes :

##### FORMULE I.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique .....    | 1 086 |
| acide phosphorique..... | 164   |
| potasse .....           | 150   |

##### FORMULE II.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | 1 086 |
| acide phosphorique..... | 164   |
| potasse .....           | 150   |

##### FORMULE III.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote organique.....    | 1 086 |
| acide phosphorique..... | 164   |
| potasse .....           | 150   |

molécules grammes par Ha.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

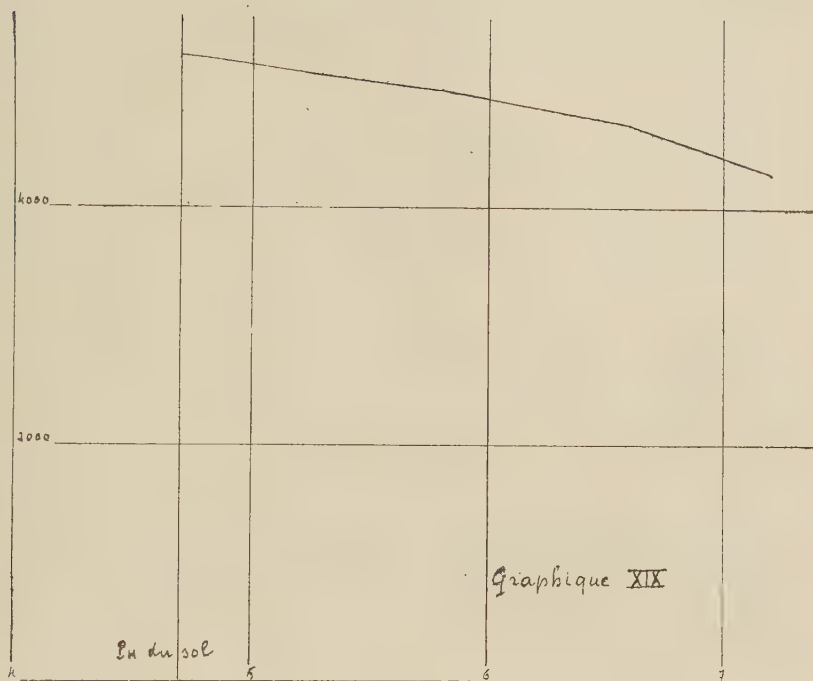
TABLEAU 67.

#### RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

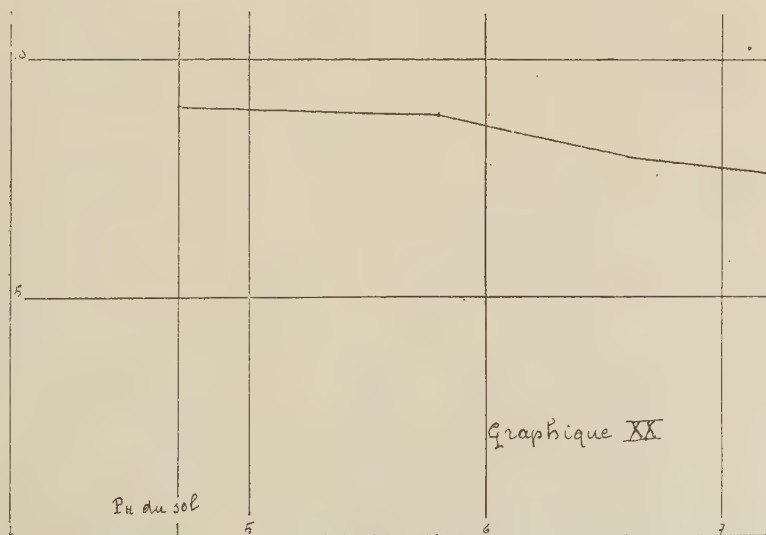
##### Mélanges :

|                          | I     | II    | III   | Témoin |
|--------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Ph du sol.....           | 4,7   | 5,8   | 6,6   | 7,2    |
| Plante à l'Ha.....       | 5 285 | 4 982 | 4 672 | 4 341  |
| Essence à l'Ha.....      | 9,04  | 8,97  | 8,03  | 7,76   |
| Essence % de plante..... | 0,177 | 0,180 | 0,172 | 0,181  |

Poids de plantes a l'hectare



Poids d'essence a l'hectare



Le *Ph* optimum est voisin de **4,7**. Les variations de *Ph* entraînent une diminution de ce rendement et sont sans influence sur la production d'essence % de plante. (Graphiques XIX et XX).

La composition de l'essence est modifiée dans les proportions suivantes :

TABLEAU 68.

ANALYSE DE L'ESSENCE.

*Melanges :*

|                           | <i>I</i> | <i>II</i>    | <i>III</i>  | <i>Témoin</i> |
|---------------------------|----------|--------------|-------------|---------------|
| Densité à 15°.....        | 0,9172   | 0,9083       | 0,9271      | 0,9182        |
| Pouvoir rotatoire.....    | 6°63     | 6°46         | 5°83        | 7°16          |
| Indice de réfraction..... | 1,4842   | 1,4902       | 1,4837      | 1,4782        |
| Cétone.....               | 10,44    | 12,36        | <b>15,4</b> | 9,71          |
| Alcool total.....         | 20,27    | <b>22,45</b> | 19,65       | 16,89         |

L'examen de ce tableau montre que le *Ph* optimum n'est pas le même pour le rendement en plante et en essence et pour l'essence la plus riche en cétone ou en alcool total. Il existe dans ce cas trois valeurs optima différentes nous interprétons plus loin (chapitre IX) ce phénomène.

## CHAPITRE VIII

### ESSENCES A PHÉNOLS

#### 1<sup>o</sup> ESSENCE D'ESTRAGON

Nos expériences portent sur des cultures d'*artemisia dracunculus* provenant de boutures de plantes de la région. La plantation est divisée en six lots de *Ph* différents.

L'analyse préalable de la plante nous a donné les résultats suivants : pour 1.000 de plante fraîche :

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| azote total .....       | 6,90   |
| acide phosphorique..... | 14,200 |
| potasse .....           | 7,00   |

pour une récolte moyenne de 10.000 kg. à l'Ha, nous avons :

|                       |                |    |                   |
|-----------------------|----------------|----|-------------------|
| azote .....           | 69 kg. à l'Ha. | ou | 246 molécules gr. |
| acide phosphorique... | 142 kg.        | »  | ou 1.000 »        |
| potasse .....         | 70 kg.         | »  | ou 745 »          |

Les éléments fertilisants sont ajoutés d'après les formules suivantes

#### FORMULE I.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique.....     | 246   |
| acide phosphorique..... | 1 000 |
| potasse .....           | 745   |

#### FORMULE II.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....   | 246   |
| acide phosphorique..... | 1 000 |
| potasse .....           | 745   |

#### FORMULE III.

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote organique.....    | 246   |
| acide phosphorique..... | 1 000 |
| potasse .....           | 745   |

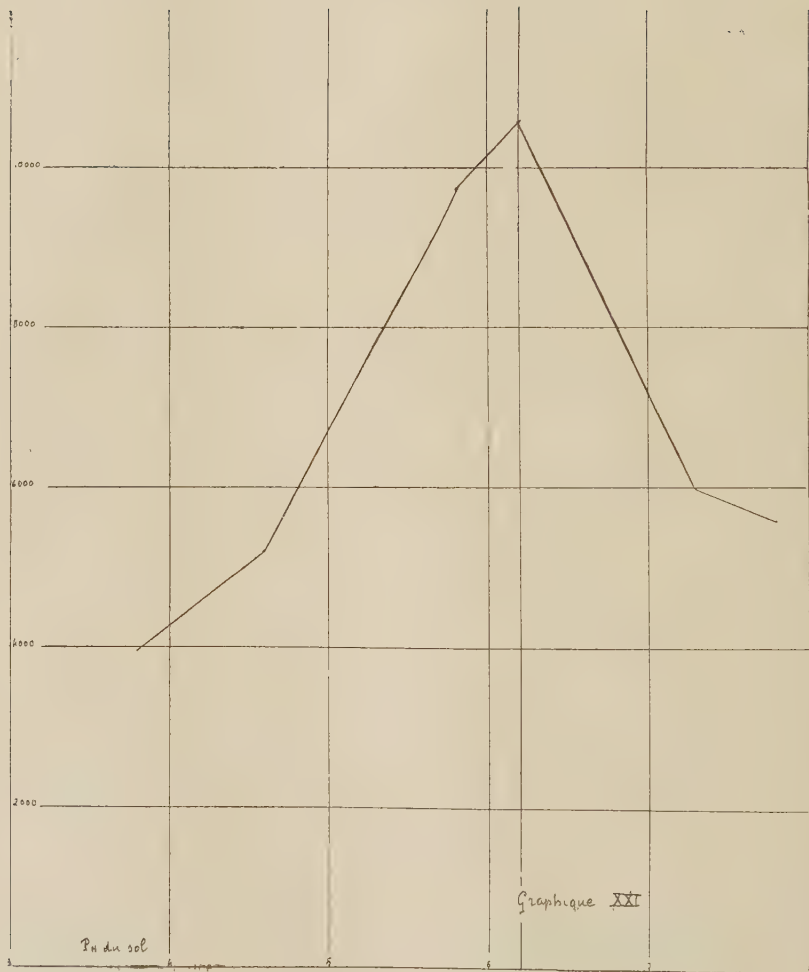
#### FORMULE IV.

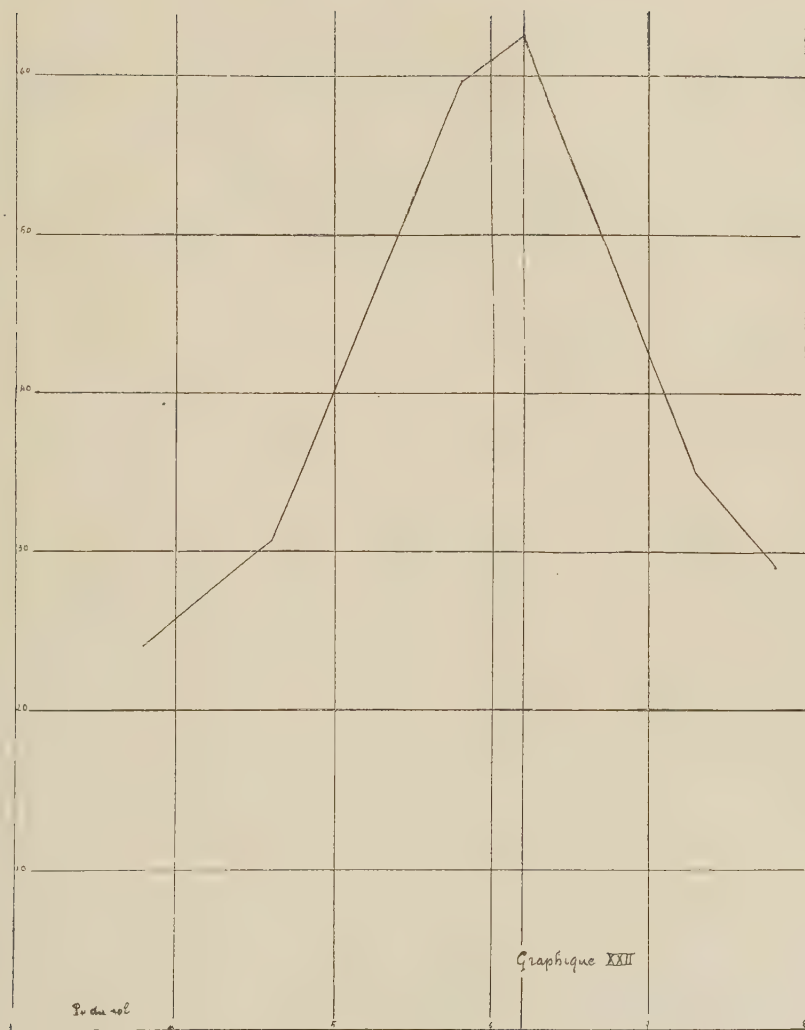
|                         |       |
|-------------------------|-------|
| azote nitrique.....     | 123   |
| azote ammoniacal.....   | 123   |
| acide phosphorique..... | 1 000 |
| potasse .....           | 745   |

#### FORMULE V.

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| azote ammoniacal.....     | 123   |
| azote organique.....      | 123   |
| acide phosphorique.....   | 1 000 |
| potasse .....             | 745   |
| molécules grammes par Ha. |       |

Poids de plantes et feuilles





Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

TABLEAU 69.

RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

Mélanges :

|                          | I     | II     | III           | IV     | V      | Témoin |
|--------------------------|-------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| <i>Ph</i> du sol.....    | 5,8   | 4,6    | <b>6,2</b>    | 7,8    | 3,8    | 7,3    |
| Plante à l'Ha. ....      | 9 735 | 5 209  | <b>10 622</b> | 5 588  | 3 906  | 6 004  |
| Essence à l'Ha. ....     | 59,60 | 31,428 | <b>64,794</b> | 29,275 | 28,201 | 35,160 |
| Essence % de plante..... | 0,619 | 0,591  | 0,610         | 0,524  | 0,722  | 0,586  |

Le *Ph* optimum qui donne la plus forte récolte et la plus grande quantité d'essence à l'Ha. est voisin de **6,2**. Les variations du *Ph* influent sur ces rendements et sont sans très grande influence sur le rendement en essence % de plante (graphiques XXI et XXII).

L'essence est modifiée dans les proportions suivantes :

TABLEAU 70.

ANALYSE DE L'ESSENCE.

Mélanges :

|                           | I      | II     | III          | IV     | V      | Témoin |
|---------------------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| Densité à 15°.....        | 0,9048 | 0,9392 | 0,9317       | 0,9233 | 0,9161 | 0,9136 |
| Pouvoir rotatoire.....    | 6°64   | 9°30   | 5°62         | 2°34   | 5°26   | 4°26   |
| Indice de réfraction..... | 1,5042 | 1,5126 | 1,5084       | 1,5041 | 1,5115 | 1,5023 |
| Alcool.....               | 0,63   | 1,83   | 1,28         | 2,66   | 1,09   | 2,22   |
| Phénol.....               | 64,13  | 54,19  | <b>66,28</b> | 57,60  | 50,07  | 58,82  |

Le *Ph* optimum est donc celui qui donne également l'essence la plus riche en phénol.

2° ESSENCE DE THYM

Pour nos études sur le thym, nous nous sommes adressés, comme pour la lavande, à des habitats naturels. Nos déterminations sont faites comme il a été décrit au Chapitre V.

Les résultats sont résumés ci-dessous :

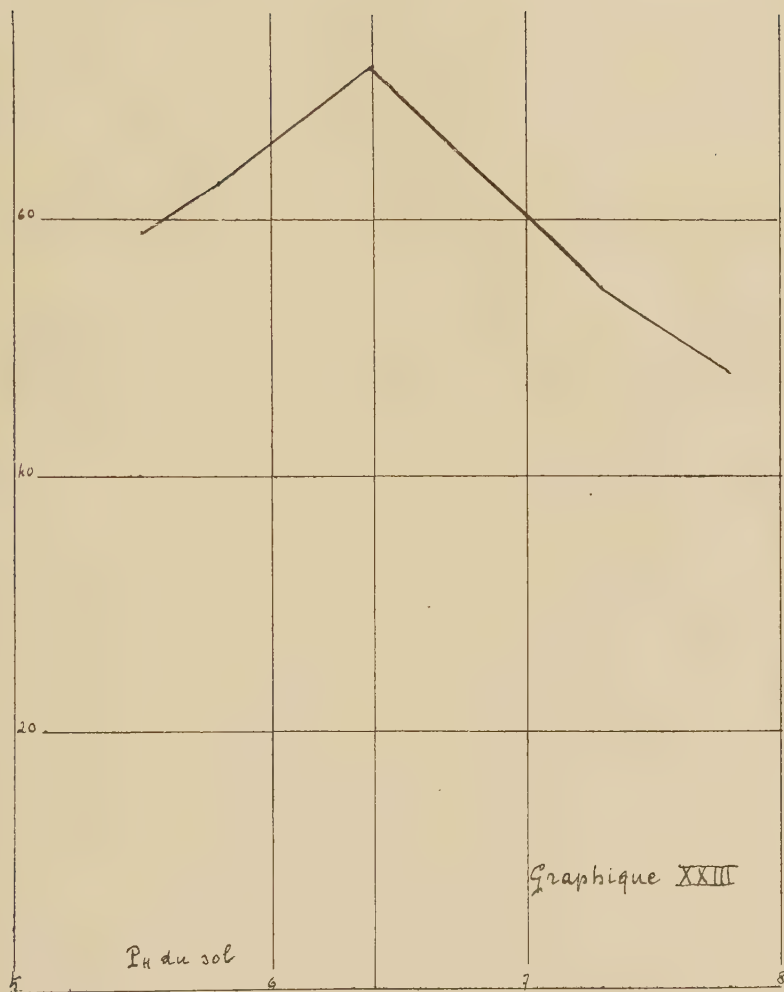
TABLEAU 71.

RENDEMENT EN PLANTE ET EN ESSENCE.

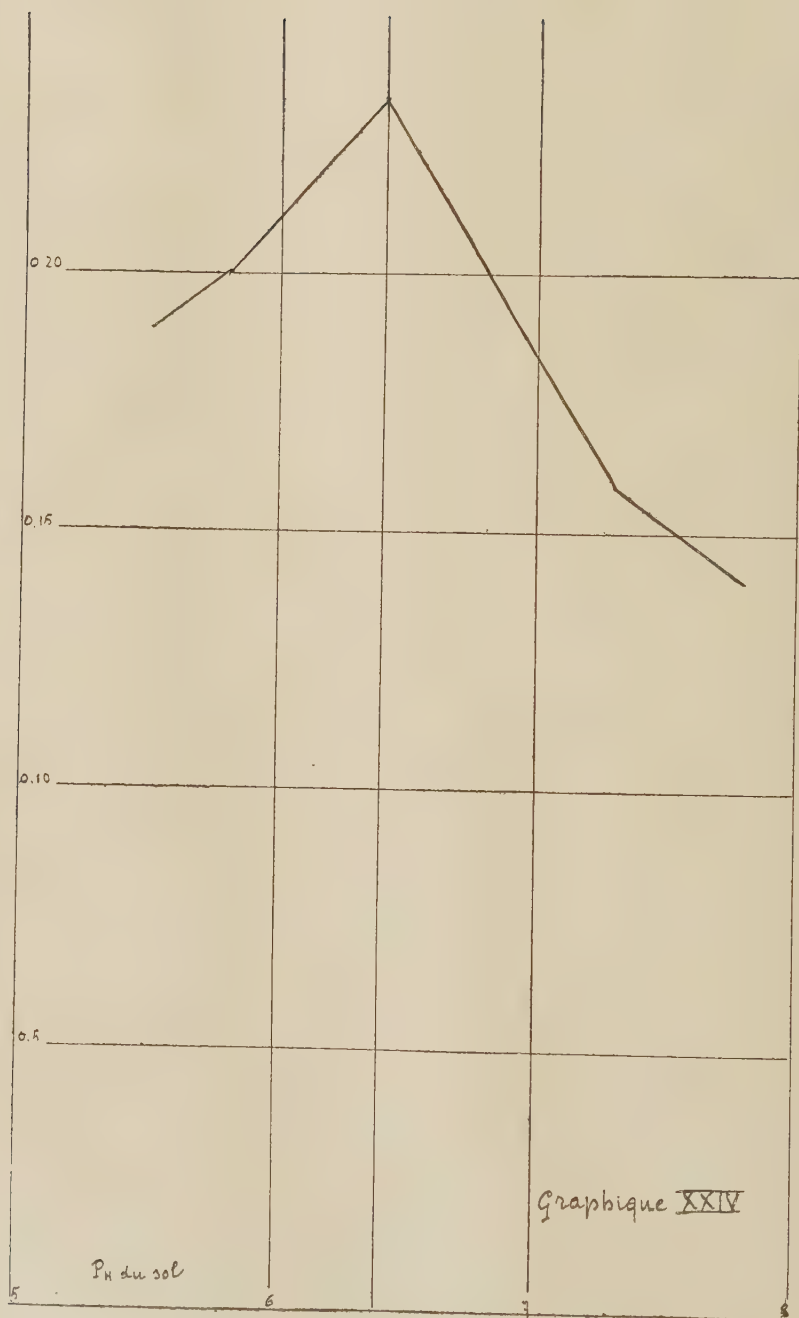
Echantillons :

|                          | I     | II    | III          | IV    | V     |
|--------------------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| <i>Ph</i> du sol.....    | 5,5   | 5,8   | <b>6,4</b>   | 7,3   | 7,8   |
| Poids de plante.....     | 59    | 63    | <b>72</b>    | 55    | 48    |
| Poids d'essence.....     | 0,189 | 0,199 | <b>0,234</b> | 0,158 | 0,142 |
| Essence % de plante..... | 0,321 | 0,317 | 0,325        | 0,288 | 0,297 |

Poids de plantes



Poids d'essence



Le *Ph* optimum pour la plante et l'essence est voisin de **6,4**. Les variations du *Ph* ont une influence sur la végétation et les poids d'essence et sont sans grande influence sur le rendement en essence % de plante comme le montrent les graphiques XXIII et XXIV.

La composition de l'essence subit les modifications suivantes :

TABLEAU 72.

ANALYSE DE L'ESSENCE.

*Echantillons :*

|                           | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i>   | <i>IV</i> | <i>V</i> |
|---------------------------|----------|-----------|--------------|-----------|----------|
| Densité à 15°.....        | 0,9073   | 0,9179    | 0,9269       | 0,9260    | 0,8719   |
| Pouvoir rotatoire.....    | -2°43    | -3°93     | 0            | -1°26     | -2°36    |
| Indice de réfraction..... | 1,4891   | 1,4972    | 1,4985       | 1,4833    | 1,4825   |
| Phénol.....               | 20,87    | 27,23     | <b>30,16</b> | 23,29     | 12,48    |

Le *Ph* optimum pour la végétation spontanée est également celui qui donne l'essence la plus riche en phénol.

Comme dans le cas de la lavande, les plantes ont été récoltées autant que possible dans les mêmes conditions ; il était aussi, dans ce cas, intéressant de comparer les cultures avec des productions spontanées et de vérifier si les variations du *Ph* du sol entraînent des variations de la composition de l'essence.

## CHAPITRE IX

### INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Dans les chapitres précédents nous avons établi un certain nombre de faits expérimentaux qu'il est utile d'interpréter.

Toutes les cultures que nous avons étudiées présentent un *Ph* optimum le même en général pour la plante et pour l'essence. Ces *Ph* sont différents pour chaque plante et sont compris entre 4,6 et 6,8. Il est à remarquer que parmi ces plantes il s'en trouve deux pour lesquelles les mesures ont été faites dans des cultures spontanées et qui rentrent néanmoins dans les optimum des cultures artificielles.

Il est à noter qu'au cours de nos expériences nous n'avons jamais constaté le double maximum de la croissance des plantes en fonction du *Ph* observé par différents auteurs parmi lesquels nous citerons IXON (25) pour les plantules de pois, de maïs, de blé et d'avoine; SALTER et Mc ILVAINE (33) pour les plantules de blé. Il est vraisemblable que cette différence provient des conditions expérimentales des déterminations. Les auteurs cités font leurs mesures dans des milieux artificiels, liquides de préférence, et dont le *Ph* est ajusté quotidiennement pour compenser les modifications provenant de la végétation. Dans nos mesures nous opérons sur des cultures en pleine terre dans les conditions que nous avons définies plus haut les résultats ne peuvent donc pas être comparables.

La seule conclusion qui nous intéresse était la constatation d'un *Ph* optimum pour le rendement en plante et en essence. La valeur optima du *Ph* donne à la fois la plus grande récolte et la plus grande quantité d'essence à l'Ha. ce qui montre que toutes les conditions qui favorisent la végétation favorisent parallèlement la production des essences dans la plante. En effet le rendement en essence pour 100 de plantes n'est que peu ou pas modifié par les variations du *Ph* du sol sauf dans des cas extrêmes de sols très acides par exemple ou ce rendement diminue, mais nous sommes dans ce cas dans des conditions pathologiques.

L'examen des graphiques I à XXIV montre que la sensibilité des diverses plantes aux variations du *Ph* est excessivement variable suivant les espèces étudiées.

Pour l'interprétation des résultats nous adopterons le même ordre que plus haut par fonctions chimiques et nous étudierons séparément l'influence du *Ph* sur la végétation et sur la composition de l'essence.

#### I. — ACTION SUR LA VÉGÉTATION

##### 1° *Essence à alcool primaire.*

###### GÉRANIUM

Pour les raisons exposées plus haut nous avons dû nous borner dans ce groupe à l'étude du géranium.

Le géranium montre une ascension brusque de la courbe entre *Ph* 5,6 et 6,5 (optimum) suivi d'une descente brusque jusqu'à *Ph* 6,9. L'aire de *Ph* optimum est par suite très étroite. A partir de 6,9 la pente est moins forte ce qui montre que le géranium semble pouvoir s'acclimater aux sols neutres ou légèrement alcalins.

##### 2° *Essences à alcool secondaire.*

###### MENTHE

La menthe montre une moins grande sensibilité aux variations du *Ph*. Une ascension assez lente de la courbe entre la zone acide et la valeur

optima est suivie d'une décroissance à peu près symétrique ce qui montre que la menthe peut s'acclimater à des terrains très variés et recevoir des fumures très différentes.

Une remarque est nécessaire au sujet du second maximum de la courbe pour *Ph* 6,8. GAMACCHIO a observé que l'addition de plâtre au sol à la dose de 200 kg. à l'Ha. favorise la croissance de la plante et la production de l'essence. Le mélange II contient 1664 molécules grammes de *CaO* correspondant à 199,1 kg. de sulfate de calcium à l'Ha. Le résultat obtenu confirme par suite l'influence favorisante du sulfate de calcium et explique l'inflexion de la courbe que nous avons signalée plus haut.

CHARABOT et HEBERT (13) lors de leurs études sur l'influence des sels minéraux sur la formation et la composition des essences végétales ont étudié la menthe poivrée. Leurs expériences ont porté sur 13 lots d'un même champ l'un servant de témoin et chacun des douzes autre recevant un des sels suivants : chlorure de sodium, chlorure de potassium, chlorhydrate d'ammoniaque, sulfate de soude, sulfate de potasse, sulfate d'ammoniaque, sulfate de fer, sulfate de manganèse, nitrate de soude, nitrate de potasse, nitrate d'ammoniaque et phosphate disodique à raison de 500 kg. à l'Ha. de chacun des sels de sodium et des quantités équimoléculaires des autres sels.

D'une manière générale l'addition de sels minéraux se montre favorable à la végétation. Le meilleur résultat est donné par le chlorhydrate d'ammoniaque avec 19,88 gr. d'essence pour 5,5 kg. de plante soit 0,362 % alors que le témoin ne donne que 8,37 gr. d'essence pour 4,4 kg. de plante soit 0,190 %.

L'influence favorable du chlorhydrate d'ammoniaque peut être interprétée par les théroies de KELLEY (26) sur le déplacement des cathions du sol par traitement au moyen d'une solution normale de chlorhydrate d'ammoniaque. Cette solution dissout de plus des proportions appréciables de carbonate de calcium. Nous avons étudié plus haut l'action de ce sel sur le *Ph* de différents sols contenant des proportions de *CaO* variables.

L'influence favorisante du chlorhydrate d'ammoniaque semble donc liée à son pouvoir mobilisateur de la chaux entraînant un déplacement du *Ph* du sol vers la zone plus alcaline.

L'influence moins favorable des autres sels est due à des modifications du *Ph* du sol telles que nous les avons étudiées plus haut (1<sup>o</sup> partie chapitre III).

FONDARD (20) en 1921 au cours de ses recherches sur la lavande étudie une plantation de menthe. Une irrégularité culturale l'empêche de donner les rendements.

MACQU (27) dans des cultures en milieu artificiel dans du sable et dans de la terre naturelle établit l'influence très favorable de l'azote sur la menthe. La potasse et le phosphore sont également très actifs. D'après lui le calcium serait indifférent.

L'aire du *Ph* optimum de la menthe est par suite assez étendue, depuis des sols très acides jusqu'à des sols à peu près neutres. Les sols alcalins sont nettement défavorables.

#### SANTOLINE

La santoline est très sensible aux sols très acides. A mesure que l'acidité diminue le rendement augmente jusqu'à la valeur maxima pour décroître ensuite jusqu'à un palier assez étendu au voisinage de la neutralité entre 6,2 et 7,4. Le rendement en essence à l'Ha. suit très régulièrement le rendement en plante.

L'aire de *Ph* optimum est par suite étendue. Au voisinage du maximum la plante est assez sensible aux variations de *Ph* mais dans le voisi-

nage de la neutralité on observe une zone indifférente assez étendue qui se termine par une décroissance brusque dans la zone alcaline.

Les plantes étudiées dans ce groupe présentent les mêmes caractères optimum de *Ph* voisin entre 5,3 et 5,5 et même très grande sensibilité aux sols alcalins avec des zones d'adaptation voisines, elles peuvent donc être considérées comme des plantes *homologues* d'après la définition qu'en a donné CHODAT (17).

### 3° *Essences à alcool tertiaire.*

#### HYSOPE

L'hysope est très sensible à l'acidité excessive. L'accroissement du *Ph* se traduit par un accroissement très régulier de la végétation devenant très brusque au voisinage du *Ph* optimum. La diminution du rendement au delà de l'optimum est assez rapide au voisinage de ce point pour devenir très brusque dans la zone alcaline.

L'aire de *Ph* optimum est par suite assez étendue au voisinage de ce point. La plante est très sensible à l'alcalinité. L'acidité moyenne entre 5 et 6 est peu favorable la forte acidité est nettement défavorable.

#### BASILIC

Le basilic présente une zone optima assez étendue. Pour les acidités moyennes les variations sont faibles; pour les alcalinités croissantes la courbe descend rapidement. :

#### MARJOLAINE

La marjolaine présente une aire de *Ph* optimum excessivement étroite. De faibles variations de *Ph* dans un sens ou dans l'autre entraînent des variations considérables dans le rendement, ces variations sont cependant un peu plus rapides du côté de la zone alcaline. Les acidités moyennes et fortes sont très défavorables.

Les plantes étudiées dans ce groupe présentent un optimum de *Ph* compris entre 6,2 et 6,8, une grande sensibilité aux sols alcalins, une sensibilité restreinte pour les sols peu acides; les sols très acides étant défavorables. Il est permis de les considérer comme *homologues* d'après la définition précédente.

### 4° *Essences à éther sel.*

#### SAUGE SCLARÉE

La sauge sclarée est peu sensible à l'acidité du sol. Son aire optima est très étendue entre 4 et 5. L'accroissement du *Ph* au-dessus de 5 se traduit par une décroissance nette de la courbe. L'alcalinité est très défavorable.

#### LAVANDE

La lavande dans ses habitats naturels est une plante acidophile.

FONDARD (20) entre 1919 et 1921 a étudié l'influence des engrais salins sur des lavanderaies artificielles. Il conclut que l'azote est l'aliment de prédilection et le plus actif. L'azote est employé sous forme de nitrate de soude à la dose de 12 kg. par parcelle. Employé seul le nitrate donne un excédent de récolte de 93,200 kg. associé à 28 kg. de superphosphate un excédent de 101 kg. Cet effet favorable du nitrate de soude peut être attribué à la modification du *Ph* du sol sous l'influence de ce sel.

Nous avons vu plus haut (tableau 36) que le nitrate de soude augmente l'acidité du sol ceci en accord avec les résultats obtenus par BILLMANN et JENSEN (6).

Ces auteurs constatent que l'addition de 500 mmgr. de  $N O^3$  par kg. de sol modifie le *Ph* dans les proportions suivantes :

TABLEAU 73

| sol : | témoin :  | nitrate : | différence : |
|-------|-----------|-----------|--------------|
|       | <i>Ph</i> | <i>Ph</i> |              |
| 87    | 8,38      | 8,29      | 0,09         |
| 99    | 8,74      | 7,59      | 0,25         |
| 44    | 6,96      | 6,62      | 0,34         |

Une différence de 0,4 de la valeur du *Ph* entre 6,2 et 6,6 de nos mesures entraîne une variation de récolte de 109 kg. en accord avec les valeurs trouvées par FONDARD. Sans discuter ici l'influence spécifique du nitrate de soude sur la récolte il était intéressant de rechercher la cause de cette influence à partir des données physico-chimiques.

Comme dans les paragraphes précédents nous constatons que le *Ph* optimum de ces plantes est compris entre 4,6 et 4,9 et qu'elles sont également très sensibles à l'alcalinisation du milieu. On peut donc conclure à leur homologie.

#### 5° Essence à aldéhydes.

##### VERVEINE

La verveine est très sensible à l'acidité extrême du sol. La récolte croît régulièrement au fur et à mesure que l'acidité diminue. La plante est à peu près indifférente pour une zone étendue d'acidité très faible au voisinage du *Ph* 6.

#### 6° Essence à cétone.

##### CALAMENT

Le calament présente un optimum très acide. L'accroissement du *Ph* montre une diminution assez lente de la récolte par conséquent une adaptation aisée de la plante dans une zone de *Ph* assez étendue.

Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu pour la menthe (page 61) qui présente un optimum moins acide mais une zone d'adaptation du même type jusqu'à la zone neutre et une décroissance très rapide vers la zone alcaline. Il est permis de conclure à l'homologie de ces plantes d'après la définition que nous avons donnée plus haut.

#### 7° Essences à phénol.

##### ESTRAGON

L'estragon est très sensible à l'acidité du sol. Le rendement augmente régulièrement avec le *Ph* jusqu'à l'optimum et décroît ensuite rapidement dans la zone peu acide et neutre.

##### THYM

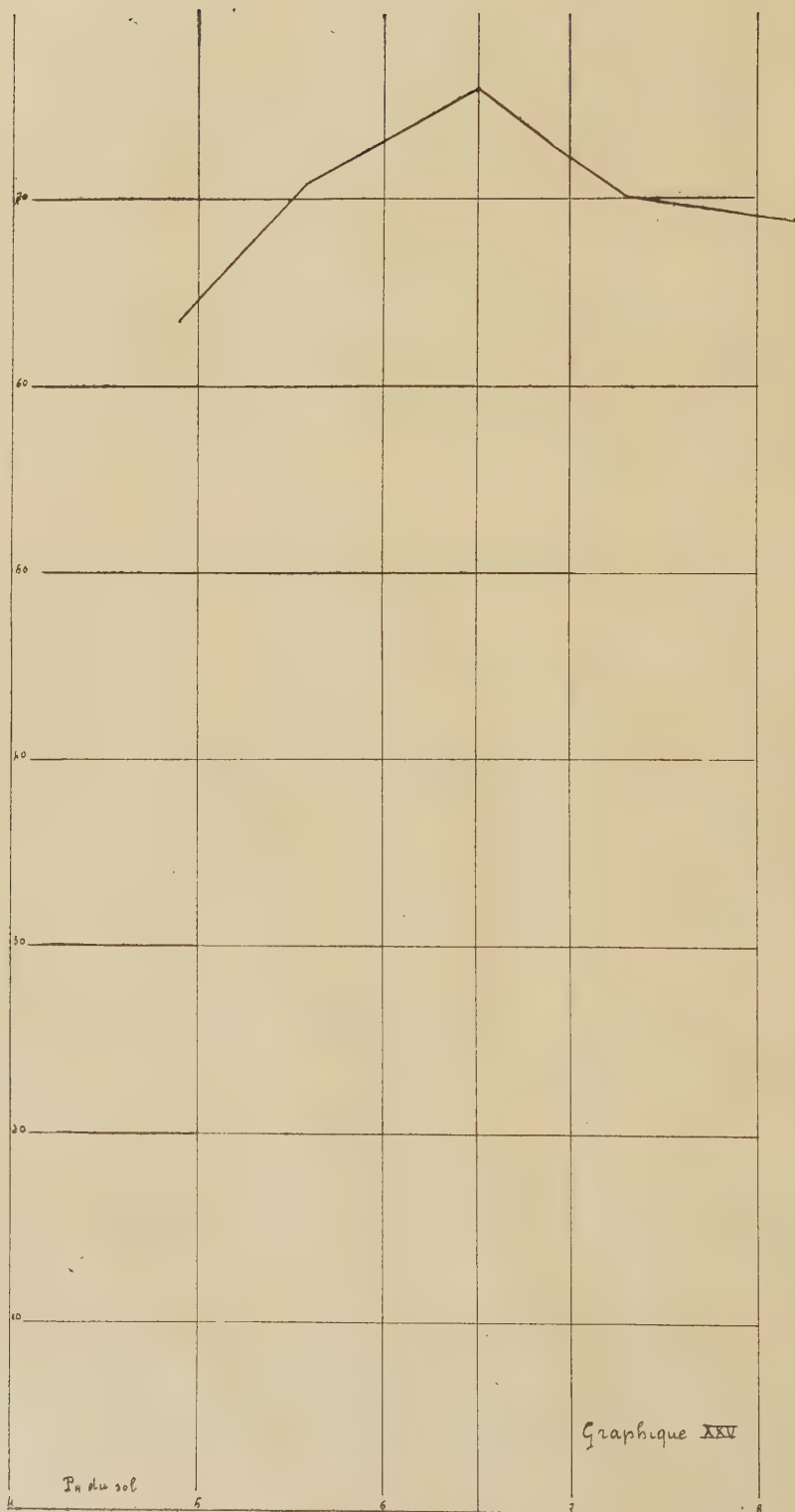
Le thym dans ses habitats naturels ne demande qu'une acidité faible Les variations de *Ph* dans un sens ou dans l'autre entraînent de très grosses variations de récoltes.

Les plantes à phénol ont un optimum de *Ph* voisin et la même zone d'adaptation on peut donc conclure comme plus haut à leur homologie.

## II. — ACTION SUR L'ESSENCE

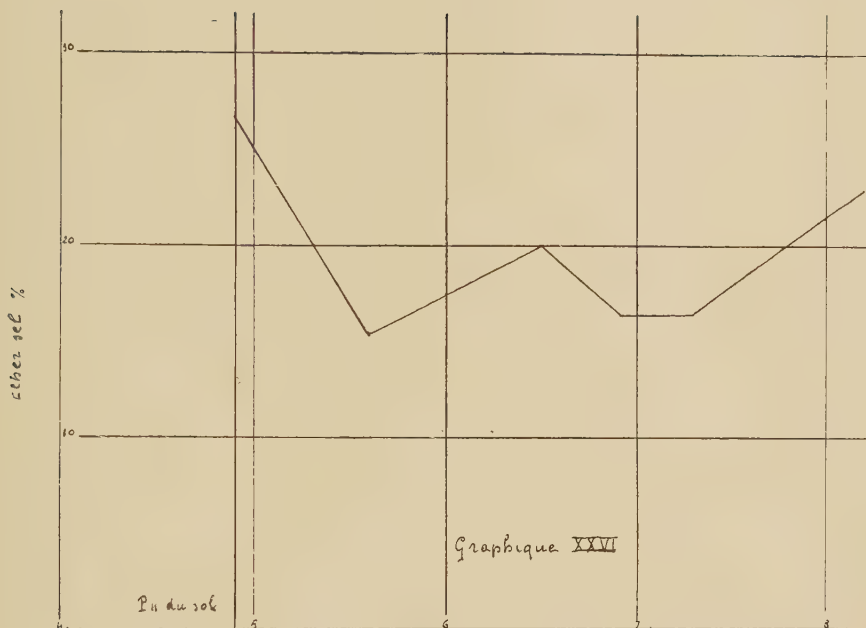
Les tableaux des chapitres précédents montrent que le *Ph* optimum pour la culture et pour le rendement en essence à l'Ha. est également celui qui « en général » donne l'essence la plus riche en son constituant principal d'après la classification que nous avons adoptée au cours de ce travail.

- Alcool total %

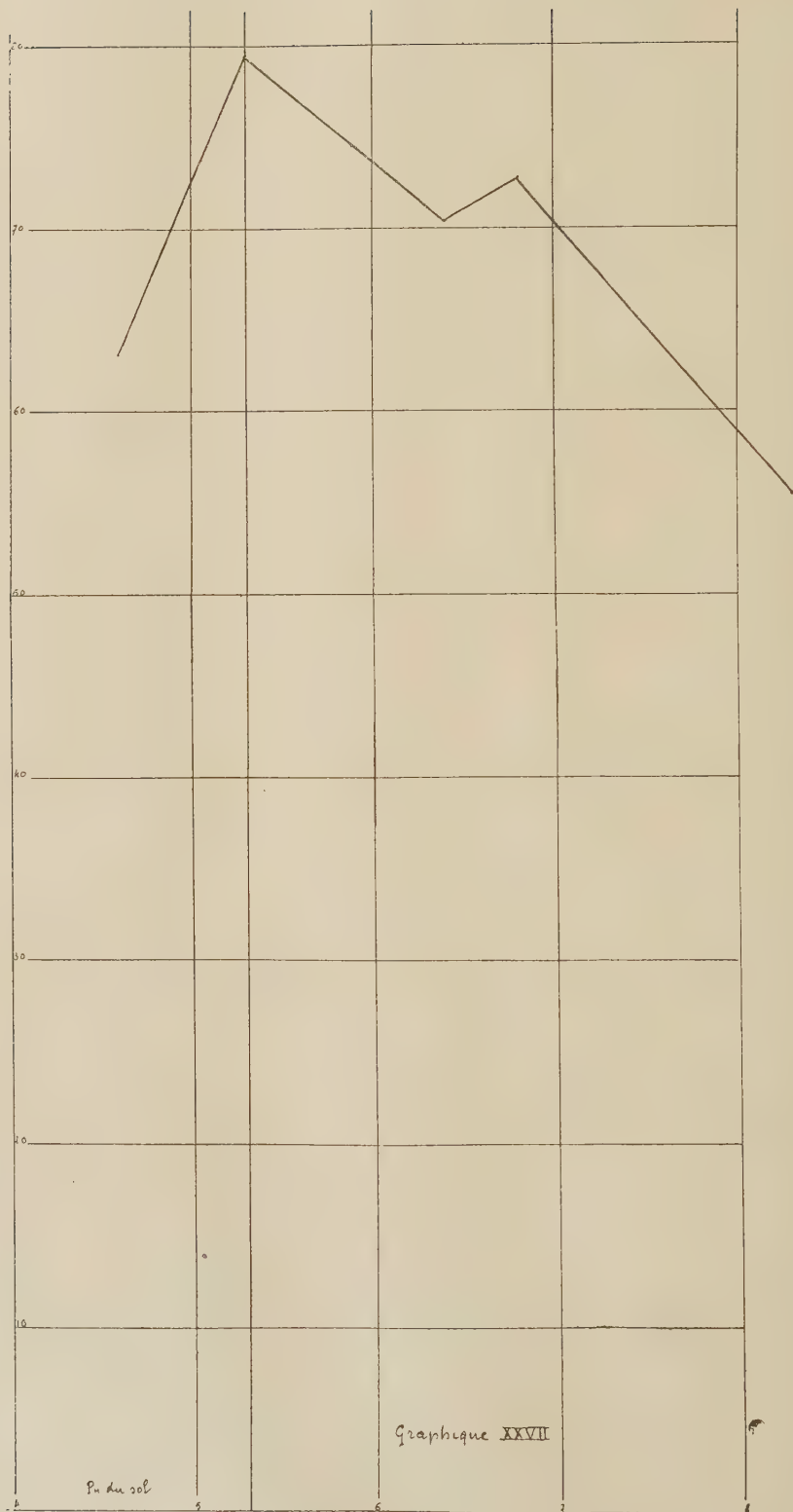


Graphique XXV

Pn du sol



Alcool total %



Graphique XXVII

Pu du sol

Cette classification peut sembler arbitraire les essences étant des mélanges excessivement complexes dans lesquels toutes ou à peu près les fonctions chimiques sont représentées mais la prédominance systématique d'un composé à fonction définie dans chacune d'entre elles nous a semblé légitimer cet ordre.

Nous allons examiner séparément chaque fonction.

#### 1° *Alcool primaire.*

##### GÉRANIUM

L'essence de géranium de France contient d'après GILDEMEISTER (22) de 71,3 à 75,6 % d'alcools en  $C^{10}H^{18}O$  et de 19,4 à 28 % d'éthers évalués en tiglate de géranyle.

Les essences que nous obtenons sont comprises dans ces limites au voisinage de l'optimum mais s'en écartent nettement pour les *Ph* extrêmes acides ou alcalins. Dans ces deux cas la teneur en alcool total de l'essence diminue ainsi que la teneur en alcool libre tandis que la teneur en alcool combiné et par suite celle en éther sel augmente. Il semble dans ces cas que la saponification des éthers sels soit entravée.

Les graphiques XXV et XXVI montrent les variations de la teneur de l'essence en alcool total et en éther sel en fonction du *Ph*. On constate que la teneur maxima d'alcool total correspond à peu de chose près à la teneur minima en éther sel. Dans ce cas le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est de 25 %.

#### 2° *Alcools secondaires.*

##### MENTHE

L'essence de menthe poivrée provenant de plantes françaises contient d'après GILDEMEISTER (22) de 50,9 à 53,9 % d'alcool total évalué en menthol de 11,2 à 14,3 % d'éther évalué en acétate de menthyle et 7 % de menthone.

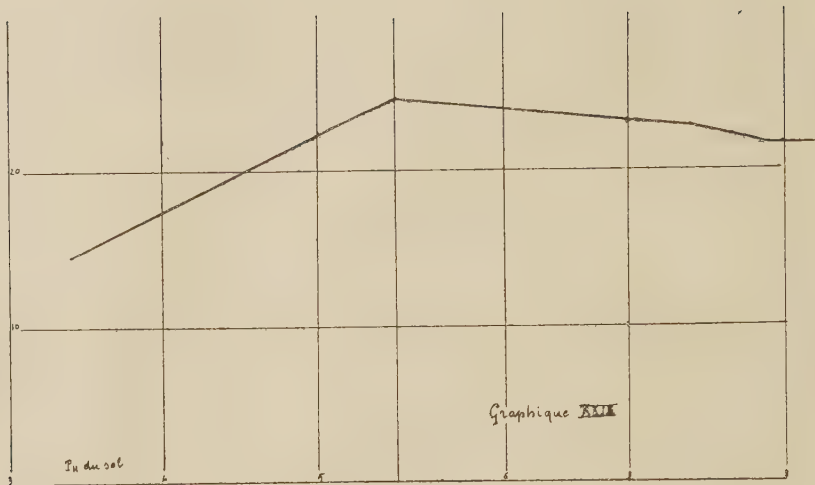
Les essences que nous obtenons sont plus riches en menthol et en éther même dans les cas les plus défavorables. La teneur en alcool total croît très rapidement pour une faible augmentation du *Ph* et décroît plus lentement pour les *Ph* croissants.

Il est à remarquer que nous constatons le même effet favorable du sulfate de calcium, que nous avons signalé plus haut (page 62) au sujet de la récolte.

La teneur en éther est peu modifiée par les variations du *Ph* quoique on observe un minimum de l'éther pour le *Ph* optimum qui donne le maximum d'alcool total. Les graphiques XXVII et XXVIII résument ces conclusions. Dans le cas du *Ph* optimum le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est de 20,7 %.

CHARABOT et HÉBERT (13) ont montré que les sels minéraux ont une influence sur l'étherification du menthol dans la plante. Leurs résultats montrent que les sels employés modifient sensiblement la teneur de l'essence en éthers, teneur comprise entre les deux limites extrêmes 14,1 % et 19,9 %. Dans l'action des sels minéraux ils n'obtiennent pas le même parallélisme entre la récolte et la richesse de l'essence en menthol et en éther. Le maximum de récolte est donné nous l'avons vu par le chlorhydrate d'ammoniaque. L'essence la plus riche en menthol 47,2 % est donnée par le sulfate de soude qui donne également l'essence la plus riche en éthers 19,9 %. Dans ce cas le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est de 33,3 %. Le phosphate disodique donne très peu d'éthers 13,9 % une teneur assez élevée en menthol 43,1 % ; dans ce cas le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est 25,2 % par suite voisin

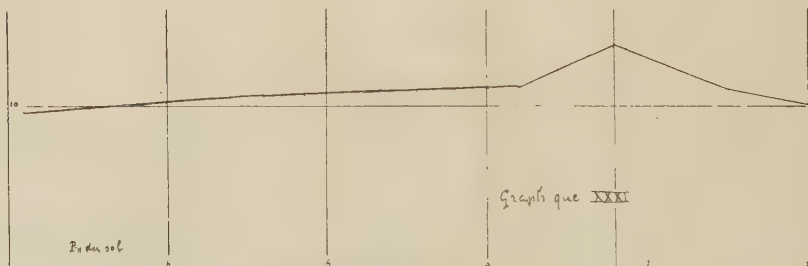
Alcool total %



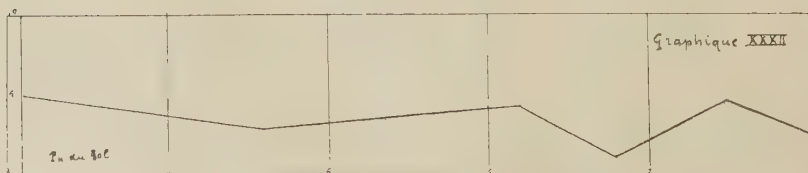
Ether sel %



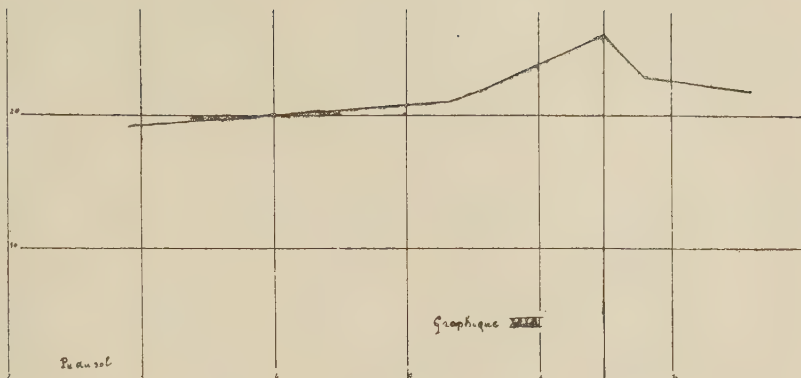
Alcool total %



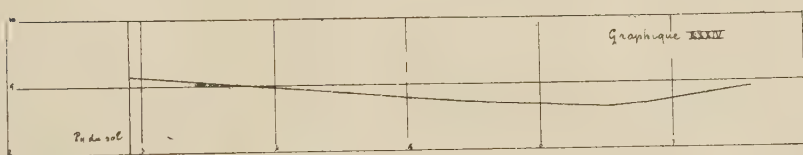
Ether sel %



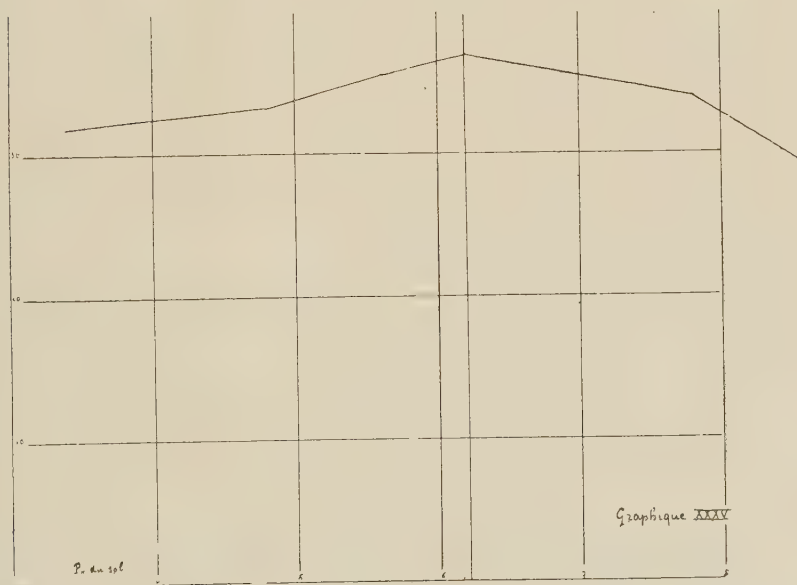
Alcool total %



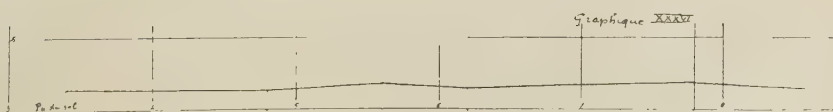
Alcool net %



Alcool total %



Alcool net %



de celui que nous obtenons. Or le phosphate disodique augmente l'acidité des sols neutres par suite des variations de composition de l'essence observées par CHARABOT et HÉBERT peuvent être attribuées aux variations du  $Ph$  du sol sous l'influence des solutions salines ajoutées.

#### SANTOLINE

L'essence de santoline contient en moyenne 20 % d'alcool en  $C^{10}H^{18}O$  et 6 % d'éthers évalués en acétate correspondant.

Les essences que nous obtenons sont voisines de ces limites quoique en général plus riches en alcool.

La teneur de l'essence en alcool croît très rapidement jusqu'au  $Ph$  optimum puis reste stationnaire au delà pour les  $Ph$  croissants. La teneur en éthers n'est que peu ou pas modifiée par les variations du  $Ph$ .

Pour l'optimum le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est de 21 %.

Les graphiques XXIX et XXX résument ces conclusions.

#### 3° Alcools tertiaires.

#### HYSOPE

L'essence d'hysope (22) renferme de 10,47 à 13,40 % d'un alcool en  $C^{10}H^{18}O$  et de 1 à 5 % de l'éther correspondant.

Les essences que nous obtenons sont comprises dans ces limites.

L'augmentation de la teneur en alcool total est très lente avec l'accroissement du  $Ph$ . Sa diminution est plus rapide dans la zone neutre ou alcaline. La teneur en éther sel est peu influencée par les variations du  $Ph$  comme le montrent les graphiques XXXI et XXXII.

Pour l'optimum le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est de 7,6 %.

#### MARJOLAINE

L'essence de marjolaine contient environ 25 % d'alcool en  $C^{10}H^{18}O$  et 4,50 % de l'acétate correspondant.

Les essences que nous obtenons sont très voisines de ces limites quoique un peu au-dessous.

La teneur de l'essence en alcool total croît lentement avec le  $Ph$  dans la zone acide, au voisinage de l'optimum l'accroissement est plus rapide. Au delà la diminution est rapide.

La teneur en éther est peu modifiée par les variations du  $Ph$ .

Les graphiques XXXIII et XXXIV résument ces conclusions.

Pour la valeur optima le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est de 10,2 %.

#### BASILIC

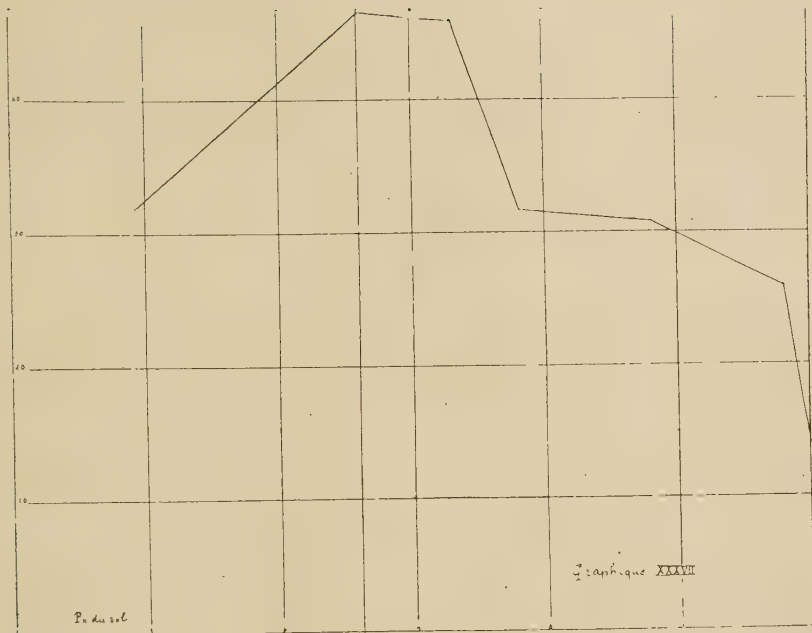
L'essence de basilic contient en moyenne 35 % d'alcool évalué en linalol et 2 % d'éthers évalués en acétate correspondant.

Les essences que nous étudions sont très voisines de ces valeurs moyennes.

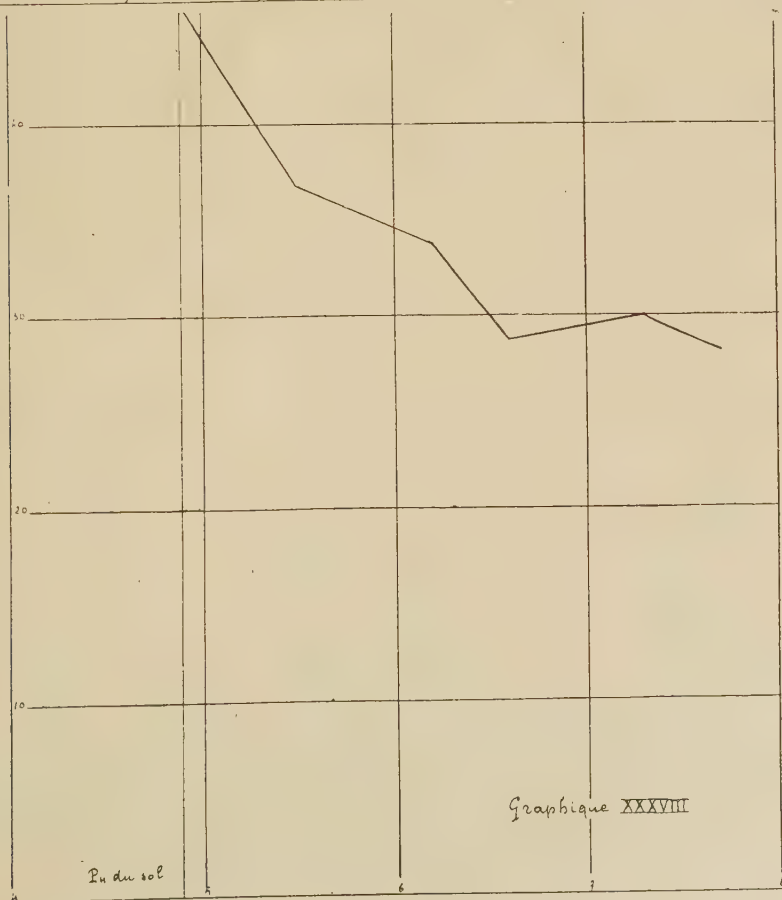
Les variations du  $Ph$  ne donnent qu'un accroissement ou une diminution très lente de la teneur de l'essence en alcool total et ces variations sont à peu près indifférentes sur la teneur en éthers comme on le voit sur les graphiques XXXV et XXXVI.

On constate cependant un faible optimum pour l'alcool et dans ce cas le rapport de l'alcool combiné à l'alcool total est de 4,2 %.

Ether sol %



Ether sol %



## SAUGE SCLARÉE

L'essence de sauge sclarée contient de 38 à 73 % d'acétate de linalyle.

Les essences que nous obtenons sont dans la plupart des cas inférieures à ces limites.

La teneur de l'essence en éthers varie considérablement avec le *Ph* avec une augmentation et une diminution brusque au voisinage de l'optimum comme on le voit sur le graphique XXXVII.

## LAVANDE

L'essence de lavande française renferme de 35 à 40 % d'acétate de linalyle.

Les essences que nous obtenons sont dans certains cas inférieures à ces limites dans les autres cas la concordance est très bonne.

La teneur de l'essence en éthers varie considérablement avec le *Ph*. La diminution est très rapide au delà du *Ph* optimum pour devenir moins sensible au voisinage de la neutralité comme le montre le graphique XXXVIII.

FONDARD (20) a étudié l'influence des engrais salins sur la composition de l'essence de lavande. Il obtient des résultats très variables suivant les régions qui ne lui permettent pas de conclure à l'influence nettement favorisante d'un engrais déterminé. Ces divergences peuvent s'expliquer par les modifications du *Ph* du sol sous l'influence des engrais comme nous l'avons interprété plus haut (page 63) dans les cultures.

Au cours des paragraphes précédents nous avons étudié la formation des alcools et des éthers sels correspondants dans un certain nombre d'essences. Nous pouvons tirer de cette étude un certain nombre de conclusions générales.

Le *Ph optimum* pour la formation des alcools est différent pour chaque fonction alcool. Nous retrouvons ici les homologues que nous avons signalés plus haut.

Le tableau suivant résume les observations :

TABLEAU 74

| <i>essence :</i> | <i>fonction :</i>    | <i>Ph optimum :</i> |
|------------------|----------------------|---------------------|
| géranium         | alcool primaire      | 6,5                 |
| menthe           | alcool secondaire    | 5,3                 |
| santoline        | alcool secondaire    | 5,5                 |
| hysope           | alcool tertiaire     | 6,8                 |
| marjolaine       | alcool tertiaire     | 6,5                 |
| basilic          | alcool tertiaire     | 6,2                 |
| géranium         | éther sel primaire   | 4,9                 |
| menthe           | éther sel secondaire | 4,6                 |
| santoline        | éther sel secondaire | 5,5                 |
| hysope           | éther sel tertiaire  | 3,1                 |
| marjolaine       | éther sel tertiaire  | 2,9                 |
| basilic          | éther sel tertiaire  | 5,6                 |
| sauge            | éther sel tertiaire  | 4,6                 |
| lavande          | éther sel tertiaire  | 4,9                 |

La formation des éthers sels dans la plante a lieu pour un *Ph* compris entre 4 et 5,5 nous en exceptons les éthers sels des essences d'hysope et de marjolaine qui présentent des variations trop faibles et par suite un maximum manquant de netteté.

Pour les autres on ne constate pas de relations entre le *Ph* du sol et la teneur de l'essence en éther sel. La seule conclusion que l'on puisse tirer est que le *Ph optimum pour la teneur en éther est d'autant plus voisin du Ph optimum de la culture que la teneur de l'essence en éther est plus grande.*

*Cet écart est cependant plus grand pour les alcools primaires que pour les alcools secondaires et que pour les alcools tertiaires.*

Le tableau suivant montre quelques résultats :

TABLEAU 75

| <i>plante :</i> | <i>fonction :</i> | <i>Ph optimum culture :</i> | <i>Ph optimum éther :</i> | <i>différence :</i> |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|
| géranium        | alcool primaire   | 6,5                         | 4,9                       | 1,6                 |
| menthe          | alcool secondaire | 5,3                         | 4,6                       | 0,7                 |
| sauge           | alcool tertiaire  | 4,6                         | 4,6                       | 0                   |

Il semble donc que la plante a besoin d'être dans des conditions de plus en plus voisines de son optimum de végétation pour étherifier des alcools à fonction plus complexe.

La formation des alcools a lieu pour des *Ph* compris entre 5 et 6,5 par conséquent dans un milieu moins acide que celui nécessité pour la formation des éthers sels.

Les alcools de la même fonction primaire, secondaire et tertiaire se forment à des *Ph* différents et ont respectivement une zone optima très étroite.

Le *Ph optimum* pour chaque alcool est le même que le *Ph optimum* de la culture contrairement à ce que nous avons observé dans le cas des éthers sels ce qui montre que les conditions optima de culture sont celles pour lesquelles la saponification des éthers sels est biologiquement la plus complexe.

Il est assez difficile de comparer les valeurs limites d'équilibre alcool éther dans la plante avec les valeurs obtenues *in vitro* sous l'action d'un catalyseur deshydratant.

Voici à titre d'exemples quelques valeurs :

d'après nos résultats nous obtenons les moyennes suivantes :

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| alcool primaire .....   | 25 %   |
| alcool secondaire ..... | 20,4 % |
| alcool tertiaire .....  | 7,3 %  |

CHARABOT et HÉBERT (14) expérimentant *in vitro* la marche de l'éthérification de divers types d'alcool obtiennent :

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| alcool primaire (géraniol).....  | 67 % |
| alcool secondaire (tuyol) .....  | 60 % |
| alcool tertiaire (linalol) ..... | 58 % |

*La limite d'éthérification est par suite plus faible dans la plante mais les résultats sont de même sens. Les alcools primaires s'éthérifient plus facilement que les secondaires et ceux-ci plus que les tertiaires.*

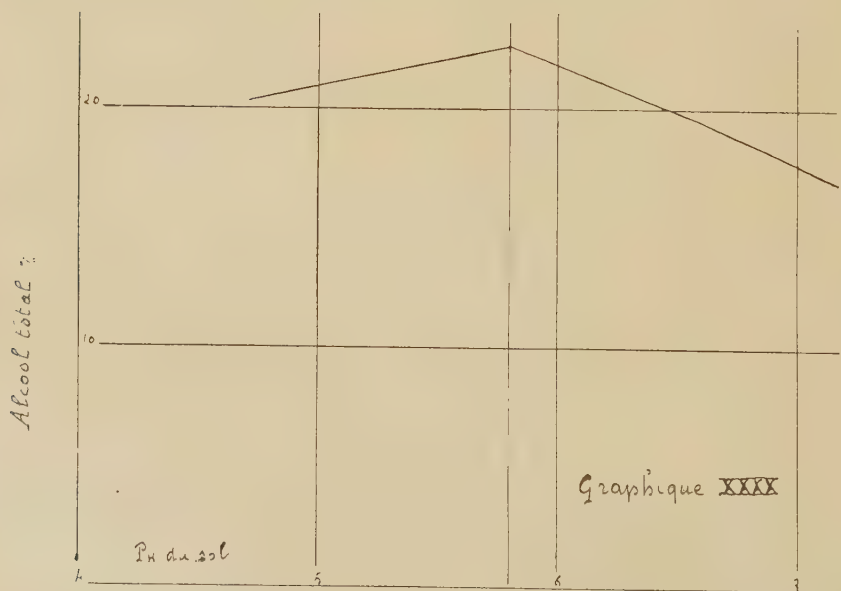
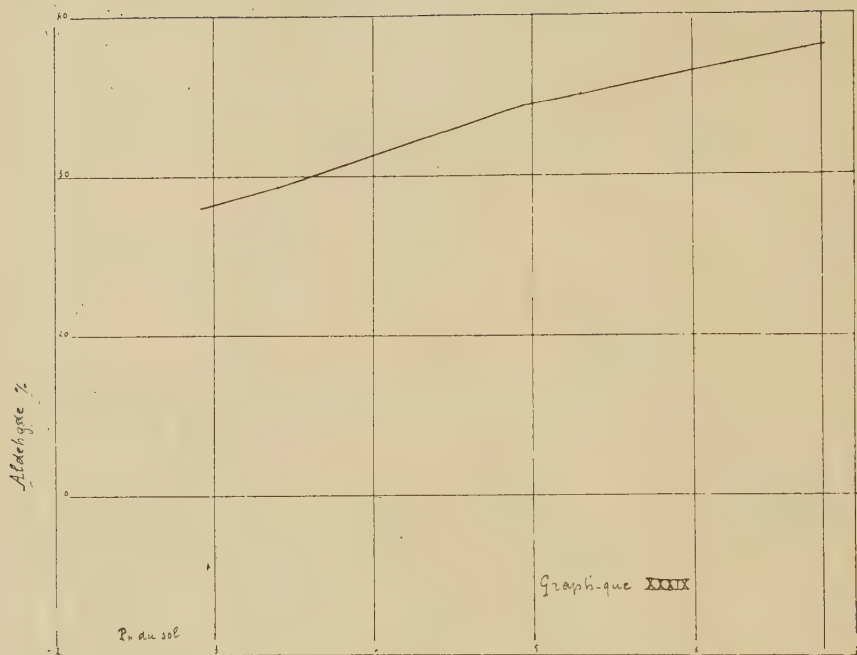
## 5° Aldéhydes.

### VERVEINE

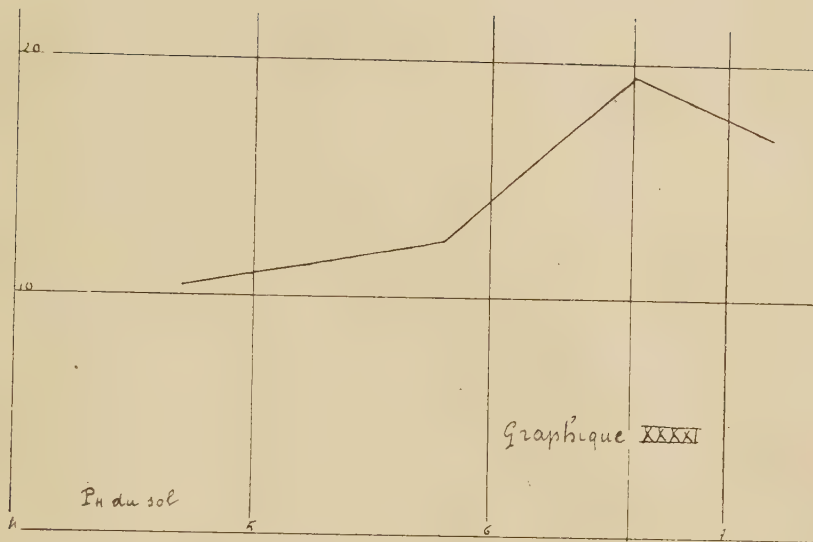
L'essence de verveine contient des proportions très variables de citral de 20 à 70 % d'après GILDEMEISTER (22) et une faible proportion de l'alcool primaire correspondant.

Les essences que nous obtenons sont comprises dans ces limites très larges il est vrai.

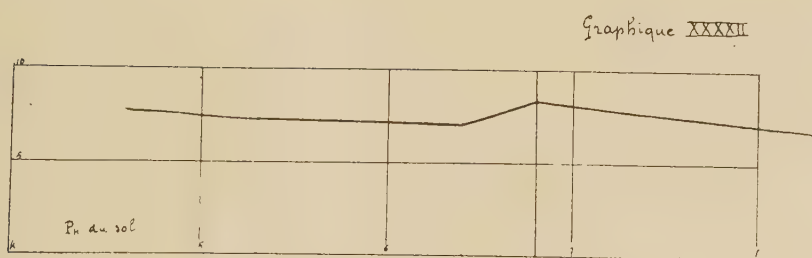
La teneur de l'essence en citral varie assez fortement avec le *Ph*.



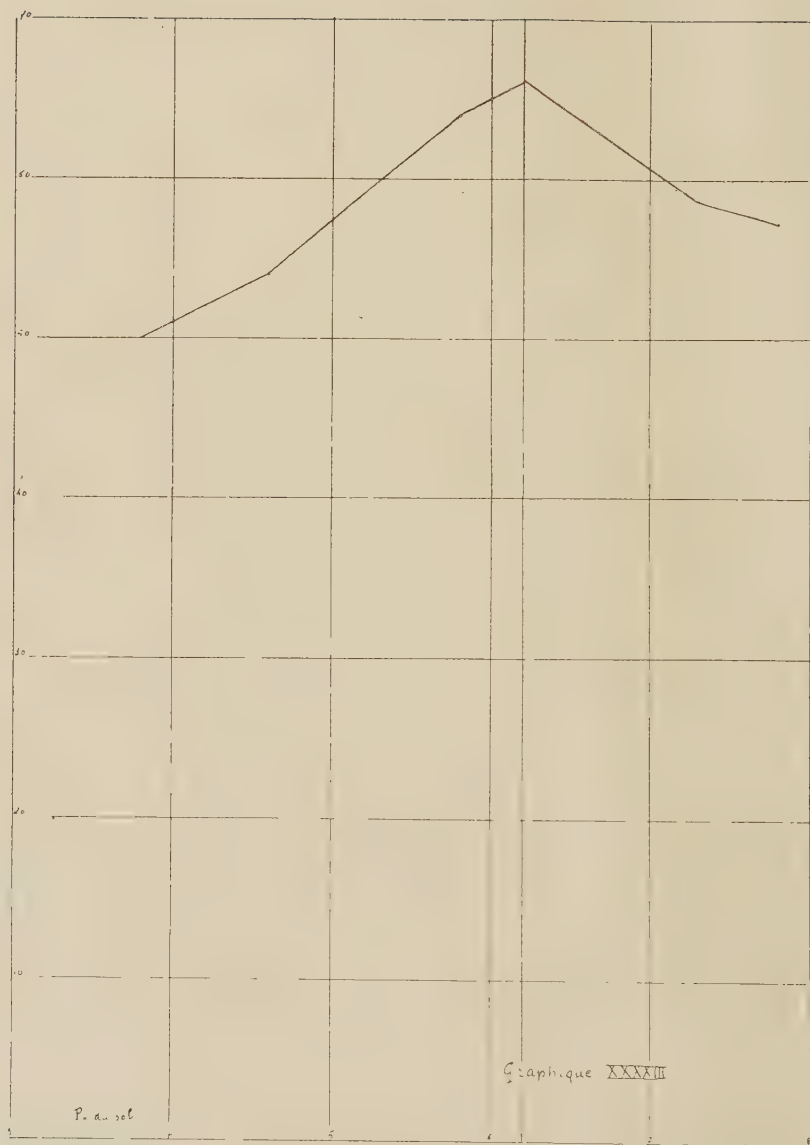
Cetone %



Cetone %



Phenol :



La teneur maxima n'est pas obtenue pour le *Ph* optimum de la culture.

La formation de citral a lieu pour un *Ph* voisin de 6,8 qui est à rapprocher de l'optimum 6,5 du géranium. Le citral dérive du géraniol par oxydation il semble donc que le *Ph* optimum citral soit voisin de celui pour lequel la production de géraniol est la plus grande. Le géraniol se formerait en premier lieu à son *Ph* d'élection et l'oxydation avec formation de citral suivrait à peu près dans la même zone quoique un peu plus alcaline.

Le graphique XXXIX montre les variations du citral.

## 6° Cétones.

### CALAMENT

L'essence de calament renferme 20 % d'alcool secondaire évalué en menthol et 10 % de cétone évaluée en menthone.

Les essences que nous obtenons sont assez voisines de ces limites quoique parfois plus riches en menthone.

L'examen des résultats montre l'existence de 3 *Ph* optima un pour la culture, un pour l'alcool et un pour la cétone.

Le *Ph* optimum pour l'alcool est voisin de 5,8 c'est-à-dire voisin des valeurs déjà constatées pour les alcools de même fonction de la menthe et de la santoline.

L'oxydation du menthol a lieu pour un *Ph* plus élevé voisin de 6,6

Les graphiques XXXX et XXXXI traduisent ces phénomènes.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus pour la menthe comme le montre le graphique XXXXII ou le *Ph* optimum pour la formation de menthone est voisin de 6,8.

*L'oxydation des alcools pour la formation des aldéhydes ou des cétones a lieu pour un Ph très différent de celui de la formation des alcools correspondants. Cet écart est plus accentué pour l'oxydation des alcools secondaires que pour celle des alcools primaires et dans le cas des alcools secondaires cet écart est d'autant moins grand que la proportion de cétone de l'essence est plus grande et que le rapport de l'alcool oxydé à l'alcool total est plus grand comme le montre le tableau suivant :*

TABLEAU 76

| plante   | cétone % | rapport alcool oxydé<br>alcool total | <i>Ph</i> optimum<br>cétone | <i>Ph</i> optimum<br>alcool | différ. |
|----------|----------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| menthe   | 8,34     | 0,11                                 | 6,8                         | 5,3                         | 1,5     |
| calament | 15,55    | 0,77                                 | 6,6                         | 5,3                         | 0,8     |

L'oxydation des alcools primaires dans la plante semble donc être biologiquement plus simple que celle des alcools secondaires.

Nous avons vu plus haut à propos des éthers sels des phénomènes de même sens.

## 7° Phénols.

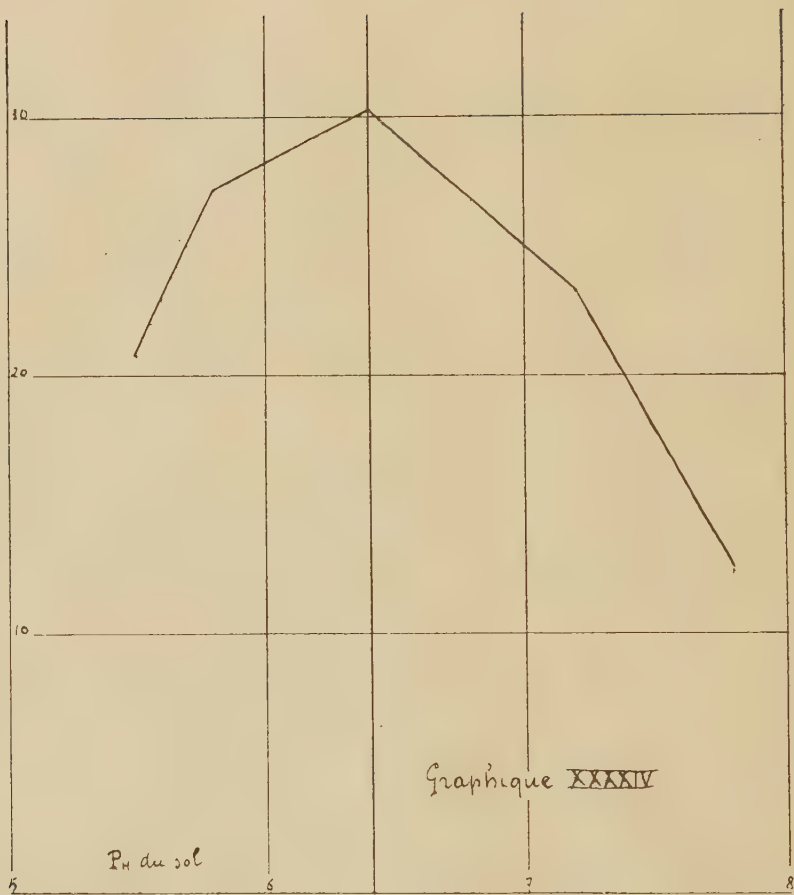
### ESTRAGON

L'essence d'estragon renferme 50 % de phénol et une très faible quantité d'un alcool tertiaire.

Les essences que nous obtenons sont voisines de cette limite quoique en général plus riches en phénol.

L'examen du graphique XXXXIII montre que le *Ph* optimum pour la formation de phénol est voisin de 6,2 et qu'il est le même que pour la culture.

Phenol %



Graphique XXXXIV

$P_H$  du sol

## THYMOL

L'essence de thym renferme de 20 à 30 % de thymol.

Les essences étudiées rentrent dans ces limites.

Le *Ph* optimum dans les conditions naturelles de nos récoltes est voisin de 6,4. La diminution de la teneur en thymol de l'essence est très rapide avec les variations du *Ph* comme le montre le graphique XXXXIV.

La formation des phénols et des éthers de phénols a lieu pour un *Ph* compris entre 6 et 6,5. Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu pour les alcools primaires.

---

## CHAPITRE X

### IMPORTANCE RELATIVE DES VARIATIONS DU *Ph*

Au cours des chapitres précédents nous avons montré l'influence du *Ph* du sol sur les cultures et les compositions d'un certain nombre d'essences végétales. Nous avons tâché autant que possible, lors de nos cultures de ne modifier que le *Ph* du sol en opérant dans des conditions identiques pour les autres facteurs qui peuvent modifier les rendements ou la composition des essences.

Il est intéressant de passer rapidement en revue ces principaux facteurs et de comparer leur influence par rapport à celle du *Ph*.

#### LUMIÈRE

CHARABOT & HÉBERT (15) ont étudié la différence de composition entre deux essences de basilic; l'une provenant de plantes ayant poussé en pleine lumière, l'autre provenant de plantes cultivées à l'ombre.

La première contenait 57,3 % d'estragol et la deuxième 74,2 %, soit une différence de 16,9 %.

Dans nos expériences, nous obtenons une différence de 7,91 % d'estragol pour une différence de *Ph* de 2,4.

L'influence de la lumière est donc plus active que celle du *Ph*. Il est à remarquer cependant que CHARABOT & HÉBERT se sont placés dans des conditions extrêmes; il est par suite normal que leurs écarts soient plus considérables.

#### ÉTAT HYGROMÉTRIQUE

L'influence de l'état hygrométrique a été étudiée principalement sur la lavande.

La lavande anglaise cultivée dans un climat humide donne une essence pauvre en éthers: 5 à 10 % alors que les lavandes des régions sèches et arides des Alpes donnent une essence contenant de 30 à 40 % d'éthers.

Pour éliminer l'influence de la provenance, CHARABOT (16) a repris, entre 1894 et 1897 l'étude de l'influence de l'humidité. Il obtient les chiffres moyens suivants:

| année :   | temps :                | éthers % |
|-----------|------------------------|----------|
| 1894-1896 | normal                 | 35 à 45  |
| 1897      | exceptionnellement sec | 37 à 48  |

soit une différence moyenne de 2,5 % imputable à la sécheresse.

L'influence du *Ph* est beaucoup plus intense, puisqu'une différence de 0,4 dans le *Ph* nous donne une différence de 5,70 % d'éthers dans l'essence.

#### ALTITUDE

L'influence de l'altitude peut être envisagée comme résultant à la fois de l'influence de l'éclairement et de l'état hygrométrique.

FONDARD (20) étudie l'influence de l'altitude sur la composition de l'essence de lavande et arrive aux résultats suivants:

| altitude : | éthers % |
|------------|----------|
| 1.000 m.   | 45,3     |
| 1.400 m.   | 43,6     |

donc une variation de 1,7 % sur la teneur en éthers.

Les variations du *Ph* nous donnent des écarts beaucoup plus considérables.

## PROVENANCE

Il est très difficile sinon impossible de comparer l'influence de la provenance et celle du *Ph* sur la composition des essences. L'influence de la provenance est la résultante de tous les facteurs qui conditionnent une plante dans un habitat donné le plus souvent son habitat naturel auxquels on ne peut pas opposer les conditions arbitraires de culture que nous nous sommes imposés.

## INFLUENCES TÉRATOLOGIQUES

Le cas le plus net des influences tératologiques est donné par la menthe. La menthe est fréquemment attaquée par un insecte *Erophyes Menthæ*, dont la piqûre entraîne de profondes modifications morphologiques de la plante et des modifications de la composition de l'essence.

Le rendement en essence pour 100 de plantes fraîches passe de 0,312 pour la plante saine à 0,892 pour la plante parasitée, soit une différence de 0,580. L'essence de la plante parasitée est d'autre part beaucoup plus riche en éthers et moins riche en menthone.

Nous avons vu que les variations du *Ph* sont à peu près sans influence sur le rendement en essence pour 100 de plantes.

De cette étude comparative, il résulte que les modifications du *Ph* entraînent des variations de récoltes et de composition de l'essence inférieures à celles que produit la lumière, mais bien supérieures à celles dues à l'altitude ou à l'état hygrométrique.

Le *Ph* optimum donne « en général » la récolte la plus abondante, la plus grande quantité d'essence à l'Ha et l'essence la plus riche. Il y a donc avantage tant au point de vue agricole qu'au point de vue industriel à cultiver les plantes dans un sol dont le *Ph* est aussi voisin que possible du *Ph* optimum et d'éviter tout apport d'engrais, susceptible de le faire varier dans un sens contraire au but poursuivi.

Nous avons vu dans la première partie de ce travail qu'il est possible d'amener un sol à un *Ph* donné par addition d'éléments fertilisants judicieusement choisis ou de maintenir le *Ph* d'un sol s'il est satisfaisant, malgré l'addition d'engrais.

C'est à l'étude de ce double problème que nous nous sommes attachés depuis plusieurs années. Les expériences agronomiques sont sous la dépendance de facteurs très nombreux dont le plus grand nombre échappent à notre contrôle, ce qui rend d'autant plus nécessaire l'étude des facteurs dont nous sommes maîtres. En premier lieu, nous plaçons l'étude des sols et de ses modifications parmi lesquelles celles du *Ph* nous a semblé devoir retenir l'attention.

---

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le but de notre travail est l'étude de l'influence de la réaction absolue du sol sur la formation et la composition de certaines essences végétales.

A cet effet, nous avons effectué un certain nombre d'expériences de cultures en pleine terre aboutissant à des résultats expérimentaux dont nous croyons pouvoir dégager les conclusions suivantes :

1° Il existe pour chacune des plantes étudiées un *Ph* du sol optimum qui donne à la fois la plus forte récolte et la plus grande quantité d'essence à l'hectare.

Ces *Ph* optima sont les suivants :

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Géranium .....     | 6,5 |
| Menthe.....        | 5,3 |
| Santoline.....     | 5,5 |
| Hysope .....       | 6,8 |
| Marjolaine.....    | 6,5 |
| Basilic .....      | 6,2 |
| Sauge sclérée..... | 4,6 |
| Lavande.....       | 5   |
| Verveine .....     | 6,8 |
| Calament .....     | 4,7 |
| Estragon.....      | 6,2 |
| Thym.....          | 6,4 |

2° Ces *Ph* optima sont assez différents pour chaque culture et la zone d'adaptation montrant la sensibilité de la plante aux variations du *Ph* est très variable suivant les espèces.

3° La classification des plantes par fonction chimique du constituant principal de l'essence montre que le voisinage de composition de l'essence s'accompagne de la même aire optima de *Ph* et de la même zone d'adaptation ce qui permet de conclure à leur homologie.

4° Le rendement en essence pour 100 de plante n'est que peu ou pas modifié par les variations du *Ph*, sauf dans les zones extrêmes, acide ou alcaline ou ce rendement diminue.

5° Le *Ph* optimum est également celui pour lequel l'essence est « en général » la plus riche en son constituant principal.

6° La formation des divers constituants a lieu pour des *Ph* différents qui sont les suivants :

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| fonction alcool primaire.....                | 6,5       |
| fonction alcool secondaire.....              | 5,3 à 5,5 |
| fonction alcool tertiaire.....               | 6,2 à 6,8 |
| fonction éther sel d'alcool primaire. ....   | 4,9       |
| fonction éther sel d'alcool secondaire.....  | 4,6 à 5,5 |
| fonction éther sel d'alcool tertiaire.. .... | 2,9 à 5,6 |
| fonction aldéhyde .....                      | 6,8       |
| fonction cétone.....                         | 6,6       |
| fonction phénol .....                        | 6 à 6,5   |

7° Le *Ph* optimum est différent pour chaque fonction alcool et dans une zone voisine pour les alcools de même fonction.

8° La formation des alcools a lieu dans une zone moins acide que celle des éthers sels correspondants.

9° La formation des éthers sels varie en raison inverse de celle des alcools.

10° Le *Ph* optimum pour la culture est d'autant plus voisin de celui qui donne le maximum d'éther que l'essence est plus riche en éther.

L'écart entre ces deux optimum est d'autant plus faible que l'alcool à étherifier est à fonction plus simple.

Ces résultats constatés *in vivo* sont de même sens que ceux constatés *in vitro*.

11° Les aldéhydes se forment à un *Ph* différent de celui de l'alcool primaire correspondant.

12° Les cétones se forment à un *Ph* très différent de celui de l'alcool secondaire correspondant.

13° La différence entre le *Ph* optimum pour la formation de l'alcool et le *Ph* optimum pour ses dérivés d'oxydation est plus grande pour les alcools secondaires que pour les alcools primaires.

14° La formation des phénols et des oxydes de phénols a lieu pour un *Ph* voisin de celui de la formation des alcools primaires.

15° L'influence des variations du *Ph* sur la formation et la composition des essences est inférieure à l'influence de la lumière, mais supérieure à celle de l'altitude et de l'état hygrométrique.

Au cours de nos expériences nous avons étudié l'influence du *Ph* du sol toutes choses égales d'ailleurs.

Ce plan de travail nous avait demandé l'étude préliminaire des sols dont nous disposions et des plantes dont nous voulions faire l'essai.

Pour les sols nous avons étudié 117 terrains des Alpes-Maritimes, nous donnant une échelle de *Ph* comprise entre les valeurs extrêmes 4,9 et 8,3 la majorité étant entre 7 et 8; mais ces variations de *Ph* sont assez faibles et de plus elles s'accompagnent de variations de composition chimique ce qui est incompatible avec le but poursuivi.

Nous avons alors étudié systématiquement l'influence des engrais à doses culturales sur le *Ph* du sol.

Pour cette étude nous avons admis *a priori* la loi de restitution qui nous donnait la quantité d'azote, d'acide phosphorique et de potasse nécessaire pour chacune de nos cultures, mais sans rien préjuger de la nature du composé à employer.

Le nombre des mélanges réalisables est considérable.

Une première étude de l'action des sels simples nous a donné des directives et montré la possibilité d'obtenir des *Ph* compris entre 5,3 et 8,9.

L'emploi des mélanges nous a donné une gamme plus étendue qui nous a servi de base pour nos essais.

De cette étude préliminaire nous avons conclu que l'addition au sol de mélanges différents contenant la même quantité d'azote, d'acide phosphorique et de potasse, mais employés sous des formes différentes confèrent au sol des *Ph* différents tout en maintenant constante sa composition minérale.

Nos déterminations de *Ph* ont été faites par la méthode électrométrique avec l'électrode à quinquedronne.



## BIBLIOGRAPHIE

---

1. — ARRHENIUS : "Bodenreaction und Pflanzleben mit spezieller Berücksichtigung des Kalks beiderseits für die Pflanzen production".  
(*Academische Verlagsgesellschaft*, Leipsig (1922).
2. — BARNETT, HISSINK et VAN DER SPEK : "Some remarks on the method of the determination of the *Ph* of the soils".  
*IV<sup>e</sup> Conférence Internationale de Pédagogie*. Vol. II, page 453, Rome (1926).
3. — BAUDRY : "Méthode de recherche microchimique pour certains constituants des huiles essentielles".  
*Thèse de Pharmacie*, Paris (1919).
4. — BILMANN : "Sur l'hydrogénation des quinhydrone".  
*Annales de Chimie*, XV, page 109 (1921).
5. — BILMANN : "L'électrode à quinhydrone et ses applications".  
*Bull. soc. chim*, XLI, page 213 (1927).
6. — BILMANN & JENSEN : "On the determination of the reaction of soils by means of the quinhydrone electrode".  
*Cr. de la 2<sup>e</sup> Commission de l'Association Internationale de Sciences du Sol*, Groningue (1927), vol. B, page 236 à 275.
7. — BJERRUM : "In C. R. Laboratoire de Carlsberg, Etudes Enzymatiques".  
page 1, vol. 8. (1909).
8. — BONNIER : *Annales des Sciences Naturelles* (1895).
9. — BRIOUX & PIEN : "Emploi de l'électrode à quinhydrone pour la détermination du *Ph* du sol".  
*Bulletin de l'Association Internationale de Science du Sol*, Groningue (1927), vol. A, page 22.
10. — BRIOUX & PIEN : "Recherches complémentaires sur l'électrode à quinhydrone".  
*Bulletin de l'Association Internationale de Science du Sol*, Groningue (1927), vol. B, page 5.
11. — CHARABOT & HÉBERT : "Influence de la nature du Sol et des sels minéraux sur les modifications de la composition de l'essence".  
*Bull. soc. chim.* (1902), **37**, pages 204 et 914.
12. — CHARABOT & LALOUÉ : "Distribution des constituants odorants dans les essences provenant de divers organes de la plante".  
*Bull. soc. chim.* (1903), **39**, page 838.
13. — CHARABOT & HÉBERT : "Influence de la nature du milieu extérieur sur la formation et l'évolution des composés odorants chez la plante".  
*Bull. soc. chim.* (1903), **39**, page 982.

14. — CHARABOT & HÉBERT : "Recherches sur le mécanisme de l'éthérification chez les plantes".  
*Bull. soc. chim.* (1901), **35**, page 884.
15. — CHARABOT & HÉBERT "Constitution de l'Essence de Basilic".  
*Bull. soc. chim.* (1905), **43**, page 584.
16. — CHARABOT : "Influence de l'état hygrométrique, etc., sur la constitution des essences de Lavande".  
*Bull. soc. chim.* (1901), **35**, page 263.
17. — CHODAT : "La concentration en ions hydrogènes du sol et son importance pour la constitution des formations végétales".  
*Thèse de sciences naturelles*, Genève (1924), 115 pages.
18. — CHRISTENSEN & JENSEN : "Undersogelser vedrorende electrometriske methoder til bestemmelse af jorreactionen. "  
**172**, *Beretning fra statens forsogsvirksomhed i plant cultur*,  
Copenhague (1923), pages 783 à 816  
Mémoire en Danois. — Résumé en Anglais, page 815.
19. — CLARK : "The determination of hydrogen ions".  
Baltimore (1923).
20. — FONDARD : "Recherches morphologiques et biologiques sur les lavandes".  
*Thèse de sciences naturelles*. Marseille (1922).
21. — FROMAGEOT : "Sur les écarts que peut présenter la concentration en ions *H* du sol en des points très voisins".  
*CR. Ac. Sciences T.* CLXXXVI, page 787.
22. — GILDEMEISTER : "Les Huiles essentielles".  
Miltitz 3 volumes (1910).
23. — GILLOT : "Influence de la composition minéralogique sur la végétation".  
*Bull. Soc. Botanique de France* (1894). T. 41.
24. — HISSINK & VAN DER SPEK : "Die *Ph* Bestimmung des Bodens nach der BIIMANNS' sche Chinidron methode".  
*Bull. Association Internationale de Science du Sol*, Groningue (1927), Vol. A, page 29.
25. — IXON : "The effect of the reaction of a nutriend solution in germination and the first stages of plants growth".  
*Medd. vettenkapske nobels institut* (1920). T. I, page 28.
26. — KELLEY : "Méthodes pour la détermination des bases échangeables".  
*Bull de l'Association Internationale de Science du Sol*, Groningue (1927), Vol. B, page 222.
27. — MACKU : "Influence de quelques ions sur la production des Huiles essentielles dans les plantes médicinales".  
*CR. soc. biol.* (1926). T. xcv, page 797.

28. — MARTIN ROSSET : "Contribution à l'étude de la réaction du Sol et de son influence sur la végétation".  
*Thèse de l'Université, Lyon* (1927).
29. — MICHAELIS : "Manuel de Technique de physico-chimie".  
Paris Masson (1923).
30. — NERNST : "Die electromotorische Werksamkeit des Jones".  
*Z. physic. chimie*, **4**, p. 129 (1889).
31. — ROUX : "Traité critique historique et expérimental du rapport des plantes avec le sol et la chlorose végétale".  
Montpellier (1889).
32. — SAGER : "Studies in soil acidity".  
Cambridge (1923).
33. — SALTER & Mc ILVAINE : "Effect of the reaction of the solution on germination of seeds and on growth of seed ling".  
*Journal Agricultural research* (1920), page 73.
34. — SOERENSEN : "Etudes enzymatiques".  
*CR. Laboratoires de Carlsberg*, **8** (1909), page 1 à 168.
35. — TERLIKOWSKI : "Zur methodic der potentiometrischen Ph Bestimmung des Bodens".  
*Bulletin Association Internationale de Science du Sol*, Groningue (1927), Vol. B, page 151.
36. — THURMANN : "Essai de phytostatique appliqué à la chaîne du Jura (1849).
37. — UNGER : "Ueber den Einfluss des Bodens auf die Verteilung der Gewachs nachgewiesene in der vegetation des Nord öestliche Tyrols".  
Vienne (1836).
38. — VALLOT : "Recherches physico-chimiques sur la terre végétale et ses rapports avec la distribution des plantes".  
Paris - Lechevalier (1883).
39. — "Sur la détermination et l'étude critique de l'acidité du sol".  
*Bulletin de l'Association Internationale de Science du Sol*, Groningue (1927), Vol. B, page 83.

# TABLE DES MATIERES

|                                                                     | <i>Pages</i> |
|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| INTRODUCTION .....                                                  | 7            |
| PREMIÈRE PARTIE                                                     |              |
| CHAPITRE I. — <i>Méthodes de Mesure</i> .....                       | 11           |
| CHAPITRE II. — <i>Etude des Terrains</i> .....                      | 24           |
| CHAPITRE III. — <i>Etude des Engrais</i> .....                      | 29           |
| DEUXIÈME PARTIE                                                     |              |
| CHAPITRE I. — <i>Méthodes de Culture</i> .....                      | 37           |
| CHAPITRE II. — <i>Essences à alcool primaire.</i>                   |              |
| Essence de Géranium.....                                            | 39           |
| CHAPITRE III. — <i>Essences à alcool secondaire.</i>                |              |
| Essence de Menthe .....                                             | 42           |
| Essence de Santoline .....                                          | 43           |
| CHAPITRE IV. — <i>Essences à alcool tertiaire.</i>                  |              |
| Essence d'Hysope.....                                               | 46           |
| Essence de Marjolaine.....                                          | 47           |
| Essence de Basilic .....                                            | 49           |
| CHAPITRE V. — <i>Essences à éthers sels.</i>                        |              |
| Essence de Sauge sclérée .....                                      | 51           |
| Essence de Lavande .....                                            | 52           |
| CHAPITRE VI. — <i>Essences à aldéhydes.</i>                         |              |
| Essence de Verveine.....                                            | 54           |
| CHAPITRE VII. — <i>Essences à cétones.</i>                          |              |
| Essence de calament.....                                            | 56           |
| CHAPITRE VIII. — <i>Essences à phénols.</i>                         |              |
| Essence d'Estragon.....                                             | 58           |
| Essence de Thym.....                                                | 59           |
| CHAPITRE IX. — <i>Interprétation des résultats</i> .....            | 61           |
| CHAPITRE X. — <i>Importance relative des variations du Ph</i> ..... | 71           |
| RÉSUMÉ et CONCLUSIONS.....                                          | 73           |
| BIBLIOGRAPHIE.....                                                  | 75           |



# Seconde Thèse

---

*Proposition donnée par la Faculté*

---

## Constitution et rôle biologique du Carotene et corps voisins

---

*Lu et accepté,*

Les Membres du Jury :

BEAUVÉRIE.

FROMAGEOT.

*Vu et approuvé :*

Le Doyen de la Faculté des Sciences  
de Lyon,

Membre de l'Institut,

V. GRIGNARD.

*Vu et permis d'imprimer,*

Lyon, le 18 Avril 1931

*Le Recteur, président du Conseil de l'Université :*

JOSEPH GHEUSI.





